

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Отделение школы (НОЦ) – отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом подогревателей высокого давления турбоагрегата Усть-Каменогорской ТЭЦ

УДК 004.896:658.51:621.184.4-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т51	Карпачева Екатерина Владимировна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Худоногова Людмила Игоревна	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко В.В			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н, доцент		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП**  
**15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения.
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
Уровень образования – бакалавр  
Отделение школы (НОЦ) – отделение автоматизации и робототехники  
Период выполнения – весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2020	Разработка требований к АСУ ТП ПВД турбоагрегата	60
27.04.2020	Разработка архитектуры и схем АС	
02.05.2020	Выбор комплекса аппаратно-технических средств	
07.05.2020	Разработка алгоритмов управления	
18.05.2020	Разработка экранных форм АСУ ТП	
16.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
17.05.2020	Социальная ответственность	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Худоногова Людмила Игоревна	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н, доцент		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки (специальность) 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
Отделение школы (НОЦ): отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т51	Карпачевой Екатерине Владимировне

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом подогревателей высокого давления турбоагрегата Усть-Каменогорской ТЭЦ

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№ 59-64с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

#### Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Объектом исследования является система управления технологическим процессом подогревателей высокого давления турбоагрегата Усть-Каменогорской ТЭЦ;  
Режим работы – непрерывный;  
Объекты процесса: турбоагрегат, подогреватели высокого давления, трубопровод;  
Повышенные требования к безопасности объекта.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Проектирование автоматизированной системы управления технологическим процессом подогревателей высокого давления турбоагрегата Усть-Каменогорской ТЭЦ;          Разработка структурной схемы АС;          Разработка ФСА по ГОСТ 21.208-13;          Разработка схемы внешних проводок;          Выбор комплекса аппаратно-технических средств;          Разработка алгоритмов управления технологическим процессом;          Разработка экранных форм.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Структурная схема.          Функциональная схема технологического процесса.          Функциональная схема автоматизации.          Схемы соединений внешних проводок.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Матвиенко Владимир Владиславович</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Конотопский Владимир Юрьевич</p>
<p></p>	<p></p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p></p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.03.2020
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Худоногова Людмила Игоревна	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т51	Карпачева Екатерина Владимировна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т51	Карпачевой Екатерине Владимировне

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	—
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ)

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка готовности полученного результата к выводу на целевые рынки, краткая характеристика этих рынков
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Качественная и количественная характеристика экономического и др. видов эффекта от внедрения результата, определение эффективности внедрения

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	к. э. н.		28.02.2020 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т51	Карпачева Екатерина Владимировна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т51	Карпачевой Екатерине Владимировне

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

«Модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом подогревателей высокого давления турбоагрегата Усть-Каменогорской ТЭЦ»	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Объект исследования</i> – ПВД турбоагрегата Усть-Каменогорской ТЭЦ.</p> <p><i>Метод исследования</i> – анализ и синтез.</p> <p><i>Рабочая зона</i> – турбинный цех и цит управления турбоагрегатом.</p> <p><i>Область применения</i> – энергетическое производство.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ГОСТ 22269-76 [23]</li> <li>– ГОСТ 12.0.003-74 [25]</li> <li>– ГОСТ 12.0.003-2015 [26] и ГОСТ 12.1.030-81 [31]</li> <li>– СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [29]</li> <li>– СанПиН 2.2.4.548 – 96 [30]</li> <li>– СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [27]</li> <li>– СП 52.13330.2011 [28]</li> <li>– Трудовой кодекс Республики Казахстан [23]</li> <li>– ИП 01-10 [32]</li> <li>– ИЧС 01.03-06.01 [34]</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p>В процессе анализа вредных факторов были выявлены:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Шум и вибрация;</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны.</li> <li>– Повышенный уровень электромагнитных излучений.</li> <li>– Отклонение показателей микроклимата</li> <li>– Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.</li> </ul> <p>В процессе анализа опасных факторов были выявлены:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Электробезопасность.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Воздействие на атмосферу гидросферу и литосферу происходит в результате выбросов углеводородов, при сжигании угля.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Типичной чрезвычайной ситуацией является – аварийный останов турбоагрегата.</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т51	Карпачева Екатерина Владимировна		

## Реферат

Пояснительная записка содержит 115 страниц машинописного текста, 32 таблиц, 29 рисунков, 1 список использованных источников из 34 источников, 11 приложений.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ПОДОГРЕВАТЕЛЬ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ, ПД-РЕГУЛЯТОР, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, SCADA-СИСТЕМА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, МНЕМОСХЕМА, АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ.

В выпускной квалификационной работе рассматривается технологический процесс подогрева питательной воды котлов подогревателями высокого давления турбоагрегата Усть-Каменогорской ТЭЦ.

Цель работы – модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) подогревателей высокого давления турбоагрегата Усть-Каменогорской ТЭЦ.

В ходе выполнения проекта была разработана автоматизированная система контроля и управления на базе современного программируемого контроллера SIMATIC PCS7 400 фирмы Siemens (Германия), с применением прикладного программного обеспечения SCADA-системы SIMATIC WinCC.

В ходе проектирования АСУ ТП была выполнена графическая часть технической документации: функциональная схема, функциональная схема автоматизации, схемы внешних проводок первичных преобразователей и исполнительных механизмов.

Был рассмотрен алгоритм автоматического регулирования расхода питательной воды котлов.

Разработанная АСУ ТП позволяет увеличить необходимую производительность и срок службы используемого технологического оборудования, повышает точность измерений, визуализирует технологический процесс.



## Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения.

- АРМ – автоматизированное рабочее место;
- АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;
- АТП – автоматизированный технологический процесс;
- АЦП – аналогово–цифровой преобразователь;
- ВКР – выпускная квалификационная работа;
- ГрЩУ – групповой щит управления;
- КИП – контрольно–измерительные приборы;
- КПД – коэффициент полезного действия;
- КТС – комплекс технических средств;
- ПВД – подогреватель высокого давления;
- ПД – пропорционально–дифференциальный;
- ПК – персональный компьютер;
- ПЛК – программируемый логический контроллер;
- ПНД – подогреватель низкого давления;
- ПО – программное обеспечение;
- ПТК – программно–технический комплекс;
- САР – система автоматического регулирования;
- ТЭС – теплоэлектросеть;
- УК ТЭЦ – Усть–Каменогорская теплоэлектроцентраль;
- ЭВМ – электронно–вычислительная машина;
- HMI – Human–machine interface;
- OS–сервер – operating system;
- SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition;
- USB – Universal Serial Bus;
- VAC – Volts Alternating Current (напряжение переменного тока);
- VDC – Volts Direct Current (напряжение постоянного тока).

## Оглавление

Введение	14
1 Разработка требований к автоматизированной системе управления технологическим процессом подогревателей высокого давления турбоагрегата	16
1.1 Назначение и цели создания системы	16
1.2 Характеристика объекта автоматизации	17
1.3 Требования к системе	17
1.3.1 Требования к системе в целом	17
1.3.2 Требования к составу и компоновке системы	18
1.3.3 Требования к сохранности данных при авариях	20
1.3.4 Требование к типу питания для приборов и средств автоматизации	21
1.3.5 Требование к надежности автоматизированной системы	23
1.4 Требования к видам обеспечения	25
1.4.1 Требования к техническому обеспечению	25
1.4.2 Требования к программному обеспечению	27
1.4.3 Требования к информационному обеспечению	27
2 Разработка архитектуры и схем автоматизированной системы	29
2.1 Описание технологического процесса, параметры технологии, характеристика основного оборудования	29
2.2 Разработка структурной схемы автоматизированной системы	31
2.3 Разработка функциональной схемы технологического процесса	32
2.4 Разработка функциональной схемы автоматизации	33
2.5 Разработка схемы внешних проводок преобразователей	35
2.6 Разработка схемы внешних проводок исполнительных механизмов	36
3 Выбор комплекса аппаратно–технических средств	37

3.1	Выбор первичных преобразователей	37
3.1.1	Выбор датчика для измерения температуры	37
3.1.2	Выбор датчика для измерения давления	40
3.1.3	Выбор датчика для измерения уровня	42
3.1.4	Выбор датчика для измерения расхода	46
3.2	Выбор вторичных приборов	48
3.3	Выбор исполнительных механизмов	50
3.4	Выбор программируемого логического контроллера	52
3.4.1	Назначение программируемого логического контроллера	54
3.4.2	Выбор конфигурации программируемого логического контроллера	57
3.4.2.1	Выбор центрального процессора	58
3.4.2.2	Выбор коммуникационного модуля	59
3.4.2.3	Выбор сигнальных и функциональных модулей	60
3.4.2.4	Выбор блока питания	63
4	Разработка алгоритмов управления	64
4.1	Алгоритм пуска/останова технологического оборудования	65
4.2	Алгоритм сбора данных измерений	67
4.3	Алгоритм автоматического регулирования технологическим процессом	68
5	Экранные формы автоматизированной системы управления технологическим процессом	71
5.1	Разработка мнемосхем SCADA–системы	71
5.2	Разработка человеко–машинного интерфейса в среде LabVIEW	71
6	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	73
6.1	Организация и планирование работ	73
6.1.1	Продолжительность этапов работ	74
6.2	Расчет сметы затрат на реализацию проекта	78
6.2.1	Расчет затрат на материалы	78

6.2.2	Расчет заработной платы	79
6.2.3	Расчёт затрат на социальный налог	80
6.2.4	Расчет затрат на электроэнергию	80
6.2.5	Расчет амортизационных расходов	82
6.2.6	Расчёт прочих расходов	82
6.2.7	Расчёт общей себестоимости разработки	83
6.2.8	Расчёт прибыли	83
6.2.9	Расчёт налога на добавленную стоимость	83
6.2.10	Цена разработки научно исследовательской работы	84
6.3	Оценка экономической эффективности проекта	84
7	Социальная ответственность	85
7.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	85
7.1.1	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	85
7.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	86
7.2.	Профессиональная социальная безопасность	87
7.2.1.	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования	87
7.2.2	Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов	88
7.3	Экологическая безопасность	93
7.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	93
7.3.2	Мероприятия по защите окружающей среды	94
7.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	95
7.4.1	Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	95
7.4.2	Обоснование мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и разработка порядка действия в случае возникновения чрезвычайных ситуаций	95
7.5	Вывод по разделу	97

Заключение	98
Список использованных источников	99
Приложение А (обязательное)	103
Приложение Б (обязательное)	104
Приложение В (обязательное)	105
Приложение Г (обязательное)	106
Приложение Д (обязательное)	107
Приложение Е (обязательное)	108
Приложение Ж (обязательное)	110
Приложение З (обязательное)	111
Приложение И (обязательное)	113
Приложение К (обязательное)	114
Приложение Л (обязательное)	115

## Введение

Необходимость электрической энергии для современного производства и быта человека общеизвестна. Электроэнергию производят на электрических станциях, использующих различные виды природной энергии. Промышленное значение имеет тепловая, химически связанная энергия органического топлива, гидравлическая энергия рек, энергия деления атома и альтернативная энергетика. Основными являются тепловые электрические станции на органическом топливе, производящие около 75 % электроэнергии в мире. Поэтому уделяется большое внимание улучшению технико-экономических показателей работы энергетического оборудования ТЭС.

Эффективным средством для решения этой задачи является автоматизация основных технологических процессов турбинных установок и проведение работ по дальнейшему улучшению точности и качества регулирования технологическим процессом. Установлено, что при этом, в среднем, от двух до трёх процентов увеличивается КПД установки. На десять процентов уменьшается расход топлива, сокращается потребление электроэнергии, численность обслуживающего персонала, объем ремонтных работ и т.п. [1].

Автоматическое регулирование обеспечивает нормальный ход непрерывно протекающих процессов в турбоагрегате.

Технологическая защита автоматически предотвращает возникновение и развитие аварий, при нарушениях нормального режима работы паровой турбинной установки и ее вспомогательного оборудования. В зависимости от характера нарушения защита останавливает турбоагрегат, снижает его нагрузку или выполняет локальные операции, предотвращающие развитие аварий.

Устройства технологической сигнализации информируют дежурный персонал о состоянии оборудования, предупреждают о приближении

параметра к опасному значению, сообщают о возникновении аварийного состояния турбины или ее оборудования.

Актуальность данной работы определена тем, что создание автоматизированной системы управления подогревателей высокого давления турбоагрегата Усть–Каменогорской ТЭЦ, с применением новейшей микропроцессорной техники, позволяет, за счет оптимального управления, повысить качество регулирования технологических параметров и аварийной защиты оборудования. Повышается надежность мониторинга системы. Обеспечивается безопасность труда.

Целью работы является модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом ПВД турбоагрегата Усть–Каменогорской ТЭЦ, с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA–системы.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- разработка требований к автоматизированной системе управления технологическим процессом ПВД турбоагрегата;
- разработка архитектуры и схем автоматизированной системы;
- описание технологического процесса;
- выбор комплекса аппаратно–технических средств;
- разработка алгоритмов управления;
- разработка экранных форм АСУ ТП.

# **1 Разработка требований к автоматизированной системе управления технологическим процессом подогревателей высокого давления турбоагрегата**

## **1.1 Назначение и цели создания системы**

Основной целью модернизации АСУ ТП подогревателей высокого давления турбоагрегата УК ТЭЦ является замена морально и технически устаревшего оборудования на систему под управлением микропроцессорного модуля. Организацию автоматизированных рабочих мест операторов, которые позволят обеспечить безопасное и эффективное дистанционное управление технологическим процессом в реальном времени.

Автоматизированная система управления технологическим процессом позволяет:

- предоставлять оперативную информацию обслуживающему персоналу о состоянии параметров процесса;
- поддерживать важные технологические параметры на заданном уровне в автоматическом режиме;
- управлять оборудованием в дистанционном режиме;
- оперативно выявлять аварийные ситуации;
- дополнять и изменять систему без серьезных технических переделок;
- формировать документы, характеризующие ход технологического процесса;
- обеспечить надежность системы автоматизации за счет эксплуатационной надежности комплекса технических средств;
- обеспечить эффективную работу объекта управления, повысить уровень безопасности технологического процесса;
- обеспечить требуемую точность, достоверность и своевременность предоставляемой персоналу оперативной информации;
- адаптировать алгоритмы управления;



- улучшить культуру труда оперативного и обслуживающего персонала;
- предотвратить ошибочные действия персонала путем своевременной сигнализации и блокирования ошибочных команд управления;
- снизить затраты на эксплуатацию и ремонт оборудования.

## **1.2 Характеристика объекта автоматизации**

Технологический процесс работы турбоагрегата является непрерывным и как объект автоматизации характеризуется следующими особенностями:

- высокой динамичностью изменения параметров;
- наличием контуров регулирования;
- наличием ручных операций;
- наличием аварийной сигнализации и защиты.

ПВД предназначены для подогрева питательной воды котлов, после деаэратора, на тепловых электростанциях [2].

## **1.3 Требования к системе**

### **1.3.1 Требования к системе в целом**

Для контроля работы оборудования, технологических параметров процесса и оперативного управления используются мнемосхемы, на которых отображаются необходимые значения параметров. Должна предоставляться возможность оператору–технологу, вести технологический процесс. Предусмотрено создание архивов значений технологических параметров и состояний оборудования. Архив предназначен для анализа работы производства.

АСУ ТП турбоагрегата должна быть выполнена на базе высокопроизводительной системы под управлением ПЛК, которая должна базироваться на использовании модульной и открытой архитектуры.

### **1.3.2 Требования к составу и компоновке системы**

Структурная схема АСУ технологического процесса ПВД должна быть построена по иерархическому принципу.

*Верхний уровень* системы должен быть представлен АРМ машиниста, АРМ инженера, а так же серверами.

Верхний уровень системы должен выполнять следующие задачи:

- предпусковая подготовка, пуск и отключение технологических узлов и оборудования;
- просмотр текущих значений технологических параметров, с индикацией сигналов вышедших за допустимые границы;
- представление информации о ходе технологического процесса в виде графиков;
- изменение настроек, аварийных границ и т.п.;
- предоставление любой другой информации, связанной с ходом технологического процесса.

Оператор, с помощью рабочих станций, следит за состоянием объектов управления и протеканием технологических процессов. При необходимости вводит команды на управление оборудованием посредством клавиатуры.

Для контроля текущего состояния и управления технологическим процессом машинисту информация должна предоставляться в виде мнемосхем, графиков, таблиц и гистограмм разной степени детализации.

На инженерной станции организуется автоматизированное рабочее место инженерно–технического персонала, обслуживающего системное и прикладное программное обеспечение. В свою очередь, это позволяет

выполнять функции конфигурирования всей системы в целом, добавление нового оборудования, изменение системных параметров, уставок, тестирование и диагностирование системы, настройки хранения базы данных, запуск и восстановление функций ПТК. На этой станции решаются задачи: режимно – технической наладки оборудования турбоагрегата, контроль качества функционирования автоматических систем управления, корректировка настроечных коэффициентов, подготовка различных отчетов для анализа работы систем управления и др. Данная станция позволяет вести наладочные работы.

Передача данных между контроллером и серверами должна производиться по резервированной сети Industrial Ethernet «электрическое кольцо» с пропускной способностью до 100 Мбит/с. Достоинством такой сети является повышенная помехозащищенность и гибкая архитектура, отключение любого абонента или подключение нового не требует переконфигурирования всей системы, поэтому сеть является свободно расширяемой.

*Средний уровень* системы должен быть выполнен на базе программируемого логического контроллера. ПЛК должен осуществлять сбор, обработку значений технологических параметров и выдавать управляющие воздействия на исполнительные механизмы в соответствии с выбранными алгоритмами управления.

Средний уровень системы должен имеет дублированную структуру, и обеспечивать высокую надежность функционирования систем автоматизации, построенных на его основе. Он должен продолжать работу при наличии одного или нескольких отказов в различных частях системы.

Применение ПЛК обеспечивает целый ряд преимуществ:

- прозрачное программирование, программы, написанные для обычного центрального процессора, могут выполняться и центральным процессором отказоустойчивого процессора и наоборот;

- с точки зрения пользователя в контроллере есть только один центральный процессор и одна программа;
- быстрое безударное переключение с ведущего на ведомый процессор с типовым временем переключения 30 мс, на период переключения операционная система исключает возможность потери данных или сигналов прерываний;
- после замены одного из центральных процессоров предусмотрена автоматическая синхронизация с передачей в память включенного в работу процессора всех текущих данных (программы, блоков данных, динамических данных и т.д.).

*Низкий (полевой) уровень* должен включать в себя первичные преобразователи измеряемых величин с унифицированным токовым выходом (4–20) мА.

Исполнительные механизмы, которые должны управляться токовым входом (4–20) мА.

Так же в конфигурации исполнительных механизмов должен быть предусмотрен аналоговый выход (4–20) мА, для мониторинга положения клапана регулирующего органа [2,3].

### **1.3.3 Требования к сохранности данных при авариях**

Подсистема технологических защит (ТЗ) предназначена для защиты оборудования в случае возникновения аварийной ситуации путем экстренного автоматического перевода защищаемого оборудования в безопасное состояние. Защитные блокировки (ЗБ) запрещают выполнение операций, приводящих к возникновению аварийных ситуаций.

Подсистема ТЗ и ЗБ выполняет:

- диагностику достоверности (исправности) каждого сигнала (датчика);
- сравнение достоверного значения сигнала (датчика) с уставкой;

- формирование команды на выполнение соответствующего алгоритма (автоматический режимный ввод/ вывод защит);
- формирование выходных команд на исполнительные механизмы;
- санкционированный вывод любой защиты «на сигнал» (ремонтный вывод защиты) по команде с АРМ инженера АСУ ТП;
- передачу достоверной информации от резервированных датчиков в другие функциональные подсистемы.

Технологические защиты подразделяются:

- защиты, действующие на останов турбоагрегата;
- локальные защиты;
- технологические защитные блокировки [2].

#### **1.3.4 Требование к типу питания для приборов и средств автоматизации**

Существует три типа питания для приборов и средств автоматизации:

1. Электрический тип питания.
2. Пневматический тип питания.
3. Гидравлический тип питания.

*Электрическое питание* осуществляется переменным током 220 В, 50 Гц.

Напряжение системы электропитания приборов и средств автоматизации выбирается с учетом напряжений, принятых в распределительной сети системы электроснабжения автоматизируемого объекта.

Для распределения электрической энергии на современных промышленных предприятиях наибольшее распространение получили четырехпроводные системы трехфазного переменного тока напряжением 380/220 В с глухим заземлением нейтрали.

В качестве источника питания приборов и средств автоматизации используются цеховые распределительные подстанции, распределительные

щиты, питающие сборки системы электроснабжения автоматизируемого объекта, к которым не подключена резко переменная нагрузка (крупные электродвигатели, электропечи и т. п.). Для питания низковольтных средств автоматизации должны предусматриваться отдельные преобразователи.

Источник системы питания должен иметь достаточную мощность. Отклонение напряжения на щитах источника питания не должно превышать значений, при которых обеспечивается нормальная работа наиболее удаленных или наиболее чувствительных к отклонениям напряжения электроприемников.

Достоинствами являются возможность реализации любой функции, унифицированность, взаимозаменяемость аппаратуры, высокое быстродействие и неограниченность линии связей.

Недостатками являются невозможность использования при автоматизации процессов с пожаро и взрывоопасными, а также токопроводящими средами.

*Пневматическое питание* осуществляется сухим, очищенным, сжатым воздухом при давлении 0,6 МПа.

Источником энергии для пневмоприборов и средств автоматизации является сухой и очищенный сжатый воздух.

К достоинствам относят следующее. Наиболее широкое применение пневматика находит при проектировании автоматизации взрыво - и пожароопасных технологических процессов, ход которых проходит сравнительно медленно. Широкое распространение пневматических систем объясняется в первую очередь физическими свойствами воздуха как рабочего тела. При изменении температуры они изменяются мало. Они характеризуются большими функциональными возможностями, простотой конструкции и высокой надёжностью. С помощью средств пневмоавтоматики можно реализовывать алгоритм управления практически любой сложности.

К недостаткам относят необходимость наличия компрессорной станции, запаздывание передачи сигнала, ограниченность линии связи, повышенные требования к осушке и очистке сжатого воздуха.

Для *гидравлического питания* используется энергия несжимаемой жидкости давлением (392–980) кПа.

Особенность несжимаемой жидкости позволяет реализовать широкий диапазон изменений скоростей и высокие удельные усилия на выходном звене исполнительного органа (до 350 кг\*сек/см<sup>2</sup>). В то время как в электрических устройствах эта величина не превышает 20 кг\*сек/см<sup>2</sup>.

Гидравлическое питание применяется в тех производствах, где необходимы усилия для работы технологического оборудования, а так же во взрыво – и пожароопасных помещениях.

Достоинствами являются большие выходные усилия, возможность использования в АТП с агрессивными средами.

Недостатками являются необходимость гидравлической станции, ограниченность линии связи, дорогое оборудование, невозможность использования в автоматизации пожара и взрывоопасных процессах.

В данной ВКР, учитывая все вышеперечисленные достоинства и недостатки всех типов питания, выбираем электрический тип питания – возможность реализации любой функции, унифицированность, взаимозаменяемость аппаратуры, высокое быстродействие и неограниченность линии связей [4].

### **1.3.5 Требование к надежности автоматизированной системы**

Надежность системы должна обеспечиваться следующими решениями:

- программируемые контроллеры с резервированной структурой, обеспечивающие высокую надежность функционирования системы управления;
- резервирование всех основных функций;

- горячее резервирование: автоматическое безударное переключение на резервный блок в случае отказа ведущего блока;
- поддержка конфигураций с активными шинными соединителями, позволяющих выполнять «горячую» замену модулей без отключения станции;
- надежностью комплекса технических средств и программного обеспечения: использование контроллеров, программного обеспечения и приборов среднего уровня;
- сетевой обмен данными использованием общепризнанных международных стандартов: Industrial Ethernet, Profibus DP.

Для построения отказоустойчивой системы должен быть применен принцип горячего резервирования с автоматическим отключением отказавшего субблока и передачи управления исправному субблоку. При отсутствии отказов оба субблока находятся в активном состоянии. Если в одном из субблоков возникает отказ, функции управления принимает на себя исправный субблок. Безударная передача функций управления обеспечивается наличием скоростной связи между обеими субблоками резервированной системы.

Для выполнения перечисленных требований оба субблока в процессе работы используют:

- одну и ту же программу пользователя;
- одни и те же блоки данных;
- одно и то же содержимое области отображения процесса;
- одни и те же внутренние данные (содержимое таймеров, счетчиков и т.д.).

Синхронизация работы субблоков резервированной системы должна выполняться по событиям. Это значит, что операции синхронизации выполняются всякий раз, когда различные события изменяют внутреннее состояние резервированной системы:

- осуществляется прямой доступ к входам–выходам;



- формируются прерывания и аварийные сообщения;
- модифицируется время пользователя;
- модифицируются передаваемые данные.

Все операции синхронизации должны выполняться автоматически и не требовать вмешательства со стороны программы пользователя.

Контроллер должен выполнять обширную самодиагностику, включающую:

- проверку связи между субблоками;
- проверку центральных процессоров;
- проверку памяти.

По каждой обнаруженной ошибке должен формироваться отчет [2].

## **1.4 Требования к видам обеспечения**

### **1.4.1 Требования к техническому обеспечению**

Комплекс технических средств должен обеспечивать непрерывное преобразование измеряемых величин технологических параметров (температура, давление, уровень, расход) и непосредственное управление параметрами технологического процесса.

В состав КТС должны входить:

- первичные преобразователи измеряемых величин, контроллер, исполнительные механизмы;
- средства дистанционного управления, программно-технические средства обработки, хранения и передачи информации, средства отображения и регистрации информации (вторичные приборы, видеомониторы);
- шкафы автоматизации АСУ ТП.

По способу защиты человека от поражения электрическим током первичные преобразователи должны относиться к классу 01 по ГОСТ 12.2.007.0–75 [5].

По степени защиты от внешних воздействий, технические устройства обязаны иметь исполнение IP65 и выше, согласно ГОСТ 14254–96 [6].

Оборудование, устанавливаемое на площадки объекта, должно быть устойчивым к воздействию температур от минус 20 °С до 50 °С и влажности не менее 80 %, при температуре 35 °С. Чувствительные элементы преобразователей, должны быть выполнены из нержавеющей материалов.

Программно–технический комплекс ПВД должен допускать возможность наращивания, модернизации и развития системы, а также дополнительно иметь резерв по каналам ввода/вывода не менее 10 %.

Сигналы, которые передаются в систему, должны соответствовать следующим параметрам:

- унифицированный аналоговый сигнал: (4–20) мА;
- дискретный сигнал 24 VDC.

Сигналы, которые передаются из системы, должны соответствовать следующим параметрам:

- унифицированный аналоговый сигнал (4–20) мА;
- дискретный сигнал 24 VDC.

Контроллеры должны иметь необходимые интерфейсы Ethernet для передачи данных на верхний уровень АСУ ТП.

Исполнительные механизмы, задействованные в контурах регулирования, должны управляться унифицированным токовым сигналом (4–20) мА.

Исполнительные механизмы, предназначенные для управления электрифицированными задвижками, должны управляться цифровыми дискретными сигналами постоянного тока 24 VDC.

Все типы исполнительных механизмов должны иметь унифицированные токовые выходы (4–20) мА, для мониторинга положения запорной арматуры.

### **1.4.2 Требования к программному обеспечению**

Программное обеспечение системы должно состоять из общего и специального ПО.

В качестве общего программного обеспечения используется операционная система Windows XP Professional SP3.

Специальное ПО верхнего уровня должно выполняет следующие функции:

- отображение информации по участкам на экране компьютера в виде мнемосхем;
- отображение графиков изменений контролируемых величин;
- вывод на экран аварийных сообщений;
- формирование и архивирование сообщений о событиях в системе;
- задание необходимых коэффициентов и технологических границ;
- запуск и останов технологических процессов по команде оператора;
- хранение значений параметров за заданный интервал времени и занесение их в архив по определенным условиям [2].

### **1.4.3 Требования к информационному обеспечению**

Информационное обеспечение должно включает в себя:

- согласованную систему отображения технологической информации;
- оперативную информацию о состоянии техпроцесса;
- сообщения и директивы, выдаваемые по запросам персонала;
- сообщения и протоколирование событий;
- выходные сигналы и документы;
- нормативно–справочную информацию (НСИ).

Оперативная информация о состоянии техпроцесса включает в себя:

- текущие данные о состоянии технологического оборудования;
- текущие данные о параметрах технологического процесса;

- выходную информацию, выдаваемую на исполнительные устройства.

- значения заданий регуляторам.

Сообщения и директивы, выдаваемые по запросам оперативного персонала, включают в себя: оперативную информацию для оператора о ходе технологического процесса, о функционировании контроллеров и системы в целом, а так же сообщения о значениях технологических параметров, их отклонениях от нормы, состоянии оборудования и рекомендации по ведению техпроцесса.

НСИ должна содержать данные технологических параметров, значения границ нормы, регламентные и аварийные границы, коэффициенты расчета действующих значений, константы для математической обработки информации, коэффициенты сглаживания и пр.

Должны быть предусмотрены меры по защите данных от искажений при авариях и сбоях в электропитании системы, по контролю, обновлению и восстановлению данных после устранения аварийных ситуаций [2].

## **2 Разработка архитектуры и схем автоматизированной системы**

### **2.1 Описание технологического процесса, параметры технологии, характеристика основного оборудования**

Паровая турбина, типа Т-100-130 Уральского турбомоторного завода, номинальной мощностью 100 тыс. кВт при 3000 об/мин с компенсацией пара и двухступенчатым подогревом сетевой воды, предназначена для непосредственного привода генератора переменного тока, типа ТВФ 120-2 мощностью 100 тыс. кВт, с водородным охлаждением. Турбина рассчитана на работу со свежим паром при давлении 13 МПа и температуре 550 °С, измеренным перед автоматическим стопорным клапаном. Расчетная температура охлаждающей воды на входе в конденсатор 20 °С. Номинальное количество охлаждающей воды 16000 м<sup>3</sup>/час.

Турбина представляет собой трехцилиндровый агрегат, имеющий 27 ступеней.

Подогрев конденсата и питательной воды осуществляется в семи подогревателях давления, два из которых питаются паром из отопительных отборов, а остальные пять из нерегулируемых отборов после 19, 17, 14, 11, 9, ступеней.

ПВД предназначены для подогрева питательной воды котлов тепловых электростанций за счет использования теплоты пара, отбираемого из промежуточных ступеней турбин.

Конструктивно ПВД представляют собой вертикальный аппарат сварной конструкции коллекторного типа с поверхностью теплообмена, набранной из свитых в плоские спирали гладких труб, присоединенных к вертикальным раздающим коллекторным трубам.

Основными узлами подогревателя являются корпус и трубная система. Корпус состоит из верхней съемной части, свариваемой из цилиндрической обечайки, штампованного днища и фланца, и нижней

несъемной части, состоящей из днища, фланца и опоры. Все элементы корпуса выполняются из качественной углеродистой стали марки 20К.

Сборка узлов осуществляется с помощью фланцевого соединения, обеспечивающего возможность их профилактического осмотра и ремонта. Фланец парового штуцера и паровая труба, в случае повышенной температуры греющего пара выполняются из легированной стали марки 12ХШФ.

В теплообменники питательная вода, нагнетаемая из деаэраторов питательным электронасосом (ПЭН), при давлении 23 МПа и температуре (150–160) °С, движется по теплообменным трубкам. При этом вода нагревается и, на выходе из ПВД-7, имеет температуру (225–230) °С.

Греющий пар, при давлении (3–3,2) МПа и температуре 387 °С, подаётся в ПВД-7 из цилиндра высокого давления (ЦВД). Из цилиндра среднего давления (ЦСД) поступает греющий пар в ПВД-6 и в ПВД-5 под давлением (2,1–2,2) МПа, температуре 338 °С и (1,05–1,15) МПа и температуре 263 °С, соответственно. Пар, в результате теплообмена в ПВД, конденсируется. Конденсат стекает в нижнюю часть корпуса и отводится из теплообменника через регулирующий клапан [2].

Аппаратура автоматического регулирования уровня конденсата поддерживает нормальный уровень в корпусе ПВД в пределах (800–1000) мм. Тем самым, при повышении уровня в ПВД-7, происходит каскадный слив конденсат в ПВД-6, а далее в ПВД-5. Из ПВД-5 конденсат сливается в дренажную сеть деаэратора, при открытии электрифицированной задвижки ЭЗ-4. При недостаточном давлении в ПВД-5, ЭЗ-4–закрывается, а ЭЗ-1–открывается и конденсат сливается в ПВД-4.

При аварийном повышении уровня, выше 2300 мм, конденсированная вода заполнит паровое пространство ПВД и попадет в паропровод.

Вследствие этого, происходит заброс воды в турбину и последующее разрушение турбоагрегата. Чтобы предотвратить подобные последствия, ПВД снабжены быстродействующей системой автоматической защиты,

которая при недопустимом повышении уровня конденсата в корпусе любого из подогревателей дает сигнал, на срабатывание исполнительных устройств – клапанов обратных соленоидных (КОС). При этом происходит моментальное их отключение и прекращается подача пара от отсосов с цилиндров высокого и среднего давления турбоагрегата в ПВД.

## **2.2 Разработка структурной схемы автоматизированной системы**

Структурная схема комплекса аппаратно–технических средств автоматизированной системы ПВД турбоагрегата построена в соответствии с требованиями к АСУ ТП.

Нижний (полевой) уровень включает в себя первичные преобразователи и исполнительные механизмы.

Средний уровень системы спроектирован на базе программируемых логических контроллеров и вторичных приборов, которые осуществляют сбор, обработку технологических параметров и выдают управляющие воздействия на исполнительные механизмы [2].

Верхний уровень системы представляет собой резервированный OS-сервер, к которому в качестве клиентов подключены АРМ машиниста №1 и АРМ машиниста №2. Каждый АРМ машиниста укомплектован двумя мониторами диагональю 23 дюйма и предоставляет доступ к АСУ ТП турбоагрегата [2].

Для конфигурирования АСУ ТП, а также для производства наладочных работ и корректировки специального программного обеспечения предназначен АРМ инженера.

Назначение OS-сервера – сбор процессных переменных со среднего уровня системы, предоставление этих переменных, а также мнемосхем и архивных данных клиентским АРМ машиниста №1 и №2.

Назначение клиентских АРМ машиниста – предоставление интерфейса оператору для управления АСУ ТП турбоагрегата. Передача данных между контроллерами и OS-сервером производится через

отказоустойчивое соединение по сети Industrial Ethernet с пропускной способностью до 100 Мбит/с.

Связь между АРМ и OS–сервером осуществляется по сети Industrial Ethernet.

Специальное программное обеспечение реализует функции серверной части SCADA–системы.

АРМ машиниста представляет собой персональный компьютер, на котором для управления технологическим процессом необходима установка стандартного и специального программного обеспечения.

Шкафы управления размещаются в неоперативном контуре, шкафы для процессоров АРМ, серверов размещаются в оперативном контуре ГрЩУ.

Структурная схема АС ФЮРА. 425280. 001 ЭС 01 приведена в приложение А.

### **2.3 Разработка функциональной схемы технологического процесса**

Функциональная схема технологического процесса является основным техническим документом. На схеме содержится упрощенное изображение технологической схемы автоматизируемого процесса, где элементы системы управления представлены условными изображениями, объединёнными в единую систему с помощью линий функциональной связи.

Опираясь на описание технологического процесса, на функциональной схеме было реализовано:

– контроль и регистрация технологических параметров:

- а) температура питательной воды до ПВД-5 – (155–160) °С;
- б) температура питательной воды после ПВД-7 – (255–230) °С;
- в) температура пара ,поступающего в ПВД-5 – 263 °С;
- г) температура пара ,поступающего в ПВД-6 – 338 °С;
- д) температура пара ,поступающего в ПВД-7 – 387 °С;



- ж) давление питательной воды – 23 МПа;
  - з) давление пара в ПВД-5 – 1,13 МПа;
  - и) давление пара в ПВД-6 – 2,17 МПа;
  - к) давление пара в ПВД-7 – 3,36 МПа;
  - л) уровень конденсата в ПВД-5 – (800–1000) мм;
  - м) уровень конденсата в ПВД-6 – (800–1000) мм;
  - н) уровень конденсата в ПВД-7 – (800–1000) мм;
  - о) расход питательной воды – 500 м<sup>3</sup>/ч;
- аварийная сигнализация технологических параметров:
- а) давление питательной воды – 25 МПа;
  - б) давление пара в ПВД-5 – 4 МПа;
  - в) давление пара в ПВД-6 – 6 МПа;
  - д) давление пара в ПВД-7 – 8 МПа;

- автоматическое регулирование технологических параметров:
- а) уровень конденсата в ПВД-5 – 800 мм;
  - б) уровень конденсата в ПВД-6 – 800 мм;
  - в) уровень конденсата в ПВД-7 – 800 мм;

Функциональная схема технологического процесса разработана в соответствии с требованиями ГОСТ 21.408–2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» и представлена в приложение Б [7].

## **2.4 Разработка функциональной схемы автоматизации**

На основе функциональной схемы ТП была разработана функциональная схема автоматизации (ФСА).

На данной схеме установленные по месту, преобразователи температуры питательной воды до ПВД-5 (поз. Т1а), температуры греющего пара в ПВД-5 (поз.Т1б), температуры греющего пара в ПВД-6 (поз. Т1в),

температуры греющего пара в ПВД-7 (поз. T2б), температуры питательной воды на выходе из ПВД-7 (поз. T2в).

Унифицированный токовый сигнал (4–20) мА, от термопреобразователей, поступает на трёхканальные вторичные приборы (поз. T1г и T2в), расположенные на щите оператора.

Вторичные приборы осуществляют контроль и регистрацию температуры.

Со вторичных приборов, сигналы (4–20) мА поступают на аналоговые входы ПЛК, который находится в шкафу управления.

Преобразователи давления питательной воды до ПВД-5 (поз. P1а), давления пара в ПВД-5 (поз. P1б), давление пара в ПВД-6 (поз. P2б) и давления пара в ПВД-7 (поз. T2а).

Токовый сигнал (4–20) мА, пневмопреобразователей, поступает на трёхканальные вторичные приборы (поз. P1в и P2в), расположенные на щите оператора.

Вторичные приборы осуществляют контроль и регистрацию давления, а так же выдают дискретные выходные сигналы предельных верхних значений.

Со вторичных приборов, сигналы (4–20) мА поступают на аналоговые, а аварийные на дискретные входы ПЛК соответственно.

Сигналы с преобразователей уровня конденсата в ПВД-5 (поз. L1в), в ПВД-6 (поз. L1б) и в ПВД-7 (поз. L1а), поступает на трёхканальный вторичный прибор (поз. L1г), который осуществляют контроль, регистрацию и передают аналоговые сигналы на ПЛК.

Измерение расхода питательной воды происходит по следующей цепочке: преобразователь (поз. F1а), вторичный прибор (поз. F1б), аналоговый вход ПЛК.

Управление запорной арматурой на оборудовании осуществляет оператор со станции АРМ, через программируемый логический контроллер. Аналоговые выходы, которого управляют регулируемыми клапанами

РК-3,РК-7,РК-8, а дискретные электрифицированными задвижками ЭЗ-1, ЭЗ-2,ЭЗ-4,ЭЗ-5,ЭЗ-6 и клапанами обратными соленоидными КОС-1, КОС-2, КОС-3.

Так как дискретные выходы ПЛК являются слаботочными, то для управления КОС предусматривается коммутационная аппаратура (поз. Z6а, Z7а, Z8а).

ФСА ФЮРА. 425280. 001 ЭС 03 приведена в приложение В [3].

## **2.5 Разработка схемы внешних проводок преобразователей**

Схема соединений внешних проводок преобразователей выполнена в соответствие с ГОСТ 21.408-2013 [8]. Схема внешних проводок преобразователей ФЮРА. 425280. 001 ЭС 04 приведена в приложение Г.

Преобразователи температуры, давления, уровня и расхода соединяются со щитом оператора, через КК1 и КК4, по трёхпроводной схеме.

Для соединения преобразователей с клеммными коробками выбираем кабель КВВГЭнг-LS 4х1.

Для соединения клеммных коробок КК1-КК3 и КК4, со щитом оператора, выбираем кабель КВВГЭнг-LS 10х1 и КВВГЭнг-LS 7х1 соответственно.

КВВГЭнг-LS представляет собой контрольный экранированный кабель, в изоляции и оболочке из ПВХ пластиката пониженной пожарной опасности с низким выделением дыма. Минимальная температура эксплуатации кабеля минус 50 °С, максимальная температура эксплуатации 50 °С. Влажность воздуха при эксплуатации не должна превышать 98 %.

Данный кабель применяют в кабельных сооружениях и помещениях, где требуется защита от влияния внешних электрически полей [8].

## **2.6 Разработка схемы внешних проводок исполнительных механизмов**

Схема соединений внешних проводок исполнительных механизмов ФЮРА. 425280. 002 ЭС 04 представлена в приложение Д.

Цепи управления исполнительных механизмов, регулирующих органов, подключаются по пятипроводной схеме кабелем КВВГЭнг-LS 7х1 к клеммной коробке КК5.

Цепи управления исполнительных механизмов, управляющие электрифицированными задвижками, подключаются по семипроводной схеме кабелем КВВГЭнг-LS 10х1 к клеммной коробке КК6.

Силовые цепи исполнительных механизмов подключаются через автоматические выключатели к трехфазной промышленной сети 380 В.

Клапана обратно соленоидные подключаются по пятипроводной схеме кабелем КВВГ 7х1 к клеммной коробке КК7.

Клеммные коробки КК5, КК6 подключаются к щиту оператора кабелями КВВГЭнг-LS 27х1.

Клеммная коробка КК7 соединяется со шкафом блока контрольным кабелем КВВГ 19х1 [8].

### 3 Выбор комплекса аппаратно-технических средств

Для модернизации автоматизированной системы ПВД турбоагрегата УК ТЭЦ, необходимо подобрать оборудования систем контроля и автоматизации (датчики, исполнительные механизмы, контроллер). Подбор производится путем сравнительного анализа.

Важно учитывать параметры рабочей среды и условия эксплуатации оборудования. Предпочтение отдаётся датчикам с унифицированным токовым сигналом (4–20) мА.

#### 3.1 Выбор первичных преобразователей

##### 3.1.1 Выбор датчика для измерения температуры

Датчик–реле температуры РТ–015, представленный на рисунке 1, предназначен для индикации и коммутации цепей при превышении значений измеряемой температуры среды.



Рисунок 1 – Внешний вид датчика–реле РТ–015

Используются в устройствах контроля, регулирования и управления технологическими процессами в системах теплообеспечения, вентиляции, сушилках, печах.

Основные технические характеристики датчика приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики датчика–реле РТ–015

Характеристика	Значение
Диапазон измерений, °С	от минус 50 до 200
Точность измерения, %	2
Напряжение питания, В	24 VDC
Разрядность индикатора	4
Потребляемая мощность, не более, Вт	2
Степень защиты	IP54
Присоединение	штуцер M20x1,5 или G1/2

Термопреобразователь сопротивления платиновый ТСП Метран–206 (100П), представленный на рисунке 2, предназначен для измерения температуры жидких и газообразных химически неагрессивных сред, а также агрессивных, не разрушающих материал защитной арматуры.



Рисунок 2 – Внешний вид ТСП Метран–206 (100П)

Основные технические характеристики датчика приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики термопреобразователя сопротивления платинового ТСП Метран–206 (100П)

Характеристика	Значение
Диапазон измерений, °С	от минус 50 до 200
Схема соединений	4-х проводная
Класс допуска по ГОСТ 6651-2009 [9]	В

Преобразователи температуры Метран–280, представленный на рисунке 3, предназначены для измерений температуры различных сред в

составе автоматизированных систем управления технологическими процессами. Передача информации об измеряемой температуре в виде постоянного тока (4–20) мА или по цифровому каналу в соответствии с HART–протоколом [10].



Рисунок 3 – Внешний вид преобразователя температуры Метран–280

Основные технические характеристики датчика приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики преобразователя температуры Метран–280

Характеристика	Значение
Диапазон измерений, °С	от минус 50 до 500
Погрешность измерений, %	от $\pm 0,25$
Выходной сигнал	(4–20) мА
Напряжения питания, В	24 VDC или 220 VAC
Потребляемая мощность, не более, Вт	2
Степень защиты	IP65

Исходя из требований технологического процесса, для измерения температуры воды и пара была выбрана модель датчика Метран–280.

### 3.1.2 Выбор датчика для измерения давления

Манометр с трубкой Бурдона, представленный на рисунке 4, служит для измерения давления газообразных и жидких сред, с низкой вязкостью, не кристаллизующихся, не агрессивных к медным сплавам.



Рисунок 4 – Внешний вид манометра с трубкой Бурдона

Основные технические характеристики манометра приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики манометра с трубкой Бурдона

Характеристика	Значение
Диапазон измерений, МПа	от 0 до 40
Класс точности	2,5
Выходной сигнал	нет
Максимальная температура измеряемой среды, °С	60
Тип монтажа	панельный
Степень защиты	IP65

Датчики давления, серии Метран 150, представленный на рисунке 5, обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин – давления избыточного, абсолютного, давления–разрежения, разности давлений, гидростатического давления нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал и цифровой сигнал на базе HART–протокола.





Рисунок 5 – Внешний вид датчика давления Метран 150 TG–5

Основные технические характеристики датчика приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики датчика давления Метран 150 TG–5

Характеристика	Значение
Диапазон измерений, МПа	от 0 до 40
Выходной сигнал	(4–20) мА HART, (0–5) мА
Температура измеряемой среды, °С	от минус 40 до 149
Тип монтажа	штуцерное исполнение
Степень защиты	IP66

Цифровой преобразователь давления ЭЛЕМЕР–АИР–30М, представленный на рисунке 6, предназначен для непрерывного преобразования измеренной вещества рабочей среды в унифицированный токовый выходной сигнал или в сигнал напряжения постоянного тока, а также в цифровой сигнал в стандарте протокола HART или FOUNDATION fieldbus входных измеряемых величин.



Рисунок 6 – Внешний вид преобразователя давления ЭЛЕМЕР–АИР–30М

Преобразователи давления ряда ЭЛЕМЕР–АИР–30М оснащены современными тензорезистивными сенсорами, многофункциональным четырёх разрядным ЖК-индикатором с подсветкой, графической шкалой и дополнительным полем для цифрового отображения уставок. Конструктивно цифровые датчики давления выполнены по модульному принципу и состоят из двух элементов: модуль сенсора измерения давления и модуль электроники. Все модули одного вида взаимозаменяемы на каждом устройстве. Это обеспечивает высокую ремонтпригодность преобразователей. Электронные блоки датчиков защищены паролем от несанкционированного доступа [11].

Основные технические характеристики преобразователя приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики преобразователя давления ЭЛЕМЕР–АИР–30М

Характеристика	Значение
Диапазон измерений, МПа	от 0 до 60
Погрешность, %	$\pm 0,075$
Выходной сигнал	по току: (4–20) мА HART; (0–5) мА по напряжению: (0,8–3,2) В; (0,5–4,5) В; (1–5) В
Напряжение питания, В	24 VDC
Потребляемая мощность, не более, Вт	1
Температура измеряемой среды, °С	от минус 40 до 120
Степень защиты	IP67

Исходя из требований технологического процесса, для измерения давления воды и пара была выбрана модель преобразователя ЭЛЕМЕР–АИР–30М.

### 3.1.3 Выбор датчика для измерения уровня

Магнитострикционные уровнемеры относятся к датчикам поплавкового типа, использующим в основе процесса измерения магнитострикционный эффект. Магнитострикционный уровнемер

NivoTrack, представленный на рисунке 7, предназначен для высокоточного измерения уровня жидких продуктов.



Рисунок 7– Внешний вид уровнемера NivoTrack

Основные технические характеристики датчика приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики магнитострикционного уровнемера NivoTrack

Характеристика	Значение
Диапазон измерений, м	от 0,5 до 15
Выходной сигнал	(4–20) мА, HART
Максимальное давление среды, МПа	2,5
Температура измеряемого материала, °С	от минус 40 до 90
Напряжение питания, В	от 12 до 36 VDC
Степень защиты	IP67

Вибрационный датчик жидкости это устройство, определяющее значение уровня по изменению амплитуды механических резонансных колебаний чувствительного элемента. Вибрационный переключатель предельного уровня LVL–A7, представленный на рисунке 8, используется для контроля уровня жидкости в емкостях различной конфигурации.



Рисунок 8 – Внешний вид вибрационного переключателя предельного уровня LVL–A7

Основные технические характеристики датчика приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики вибрационного переключателя предельного уровня LVL–A7

Характеристика	Значение
Диапазон измерений, м	от 3,5 до 4,8
Точность измерений, мм	0,5
Выходной сигнал	релейный
Напряжение питания, В	от 10 до 35 VDC
Потребляемая мощность, мВт	850
Температура измеряемой среды, °C	от минус 40 до 150
Степень защиты	IP66

Ультразвуковые измерительные преобразователи уровня, служат для измерения текущего и предельного значения уровня, с цифровым и аналоговым выходом. Принцип работы ультразвукового уровнемера Rosemount 5301, представленного на рисунке 9, основан на методе определения уровня через время прохождения сигнала. Такой способ можно сравнить с работой эхолота. Как правило, ультразвуковой датчик располагается в верхней точке бака. Посылаемый датчиком сигнал, при этом, обладает известной скоростью. Он доходит до границы раздела сред (поверхности продукта), отражается от нее и возвращается к прибору. Замеряется время прохождения импульса и высчитывается значения уровня измеряемой среды.



Рисунок 9 – Внешний вид ультразвукового уровнемера Rosemount 5301

Основные технические характеристики датчика приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики ультразвукового уровнемера Rosemount 5301

Характеристика	Значение
Диапазон измерений, м	от 0,1 до 50
Максимальное давление среды, МПа	6
Выходной сигнал	(4–20) мА /HART, Foundation Fieldbus, Modbus
Напряжение питания, В	от 20 до 42 VDC
Потребляемая мощность, не более, мВт	50
Температура измеряемой среды, °C	от минус 55 до 80
Степень защиты	IP67

Важным достоинством ультразвуковых приборов является то, что реализация данного метода измерения не предъявляет особенно высоких требований к прочности или стойкости по износу [12].

Исходя из требований технологического процесса, для измерения уровня конденсата была выбрана модель датчика Rosemount 5301.

### 3.1.4 Выбор датчика для измерения расхода

Электромагнитный расходомер ЭМИС–МАГ 270, представленный на рисунке 10, служит для измерения расхода электропроводных жидкостей, в том числе загрязненных и агрессивных сред. Конструкция ЭМИС–МАГ 270 позволят использовать измерять расход среды с давлением до 32 МПа.



Рисунок 10– Внешний вид электромагнитного расходомера ЭМИС–МАГ 270

Основные технические характеристики датчика приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики электромагнитного расходомера ЭМИС–МАГ 270

Характеристика	Значение
Диапазон измерений, м <sup>3</sup> /ч	от 0,06 до 28 300
Типоразмер, мм	от 15 до 1000
Погрешность, %	до ±0,5
Выходной сигнал	(4–20) мА /HART, Modbus
Давление измеряемой среды, МПа	до 25
Напряжение питания, В	24 VDC
Температура измеряемой среды, °C	от минус 40 до 130
Степень защиты	IP66

Массовый кориолисовый расходомер ЭМИС–МАСС 260, представленный на рисунке 11, используется в качестве массового счетчика–

расходомера бензина, нефти, мазута, кислот, щелочей и других жидкостей и агрессивных сред.



Рисунок 11– Внешний вид массового кориолисового расходомера ЭМИС–МАСС 260

Основные технические характеристики датчика приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики массового кориолисового расходомера ЭМИС–МАСС 260

Характеристика	Значение
Диапазон измерений, кг/ч	от 0,005 до 1 000
Типоразмер, мм	от 10 до 250
Погрешность, %	до $\pm 0,5$
Выходной сигнал	(4–20) мА /HART, Modbus
Давление измеряемой среды, МПа	до 25
Напряжение питания, В	24 VDC
Температура измеряемой среды, °C	от минус 50 до 70
Степень защиты	IP67

В вихревом расходомере Rosemount 8800, представленного на рисунке 12, принцип действия основан на эффекте образования вихрей поочередно с каждой стороны тела обтекания, помещенного в поток среды. Частота образования вихрей прямо пропорциональна скорости среды и соответственно объемному расходу. В конструкции проточной части расходомера отсутствуют пазы и щели, которые могут засоряться в процессе

эксплуатации, что повышает метрологическую стабильность измерений и надежность работы расходомера. Пьезоэлектрический сенсор изолирован от измеряемой среды, и конструкция расходомера позволяет произвести его замену без остановки технологического процесса [13].



Рисунок 12 – Внешний вид вихревого расходомера Rosemount 8800DR

Основные технические характеристики датчика приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики вихревого расходомера Rosemount 8800DR

Характеристика	Значение
Диапазон измерений, м <sup>3</sup> /ч	от 52,2 до 1395
Типоразмер, мм	от 15 до 300
Погрешность, %	до ± 0,65
Выходной сигнал	(4–20) мА /HART
Давление измеряемой среды, МПа	до 32
Напряжение питания, В	24 VDC
Температура измеряемой среды, °С	от минус 40 до 232
Степень защиты	IP67

Исходя из требований технологического процесса, для измерения уровня конденсата была выбрана модель датчика Rosemount 8800DR.



### 3.2 Выбор вторичных приборов

Регистраторы КС–1Е используются в различных технологических процессах промышленности и энергетике. КС–1Е предназначены для измерения, регулирования и архивирования значений температуры и других неэлектрических величин (частоты, давления, расхода, уровня и т.д.), преобразованных в унифицированные сигналы силы, напряжения постоянного тока и активное сопротивление постоянному току.

Трехканальный КС–1Е, представленный на рисунке 13, оснащен тремя аналоговыми входами (АЦП), тремя каналами токовых выходов и двенадцатью реле сигнализации. Все каналы ввода-вывода имеют гальваническую развязку относительно корпуса и между собой [14].



Рисунок 13– Внешний вид регистратора технологического КС–1Е/3  
Основные технические характеристики регистратора приведены в

таблице 13.

Таблица 13 – Технические характеристики регистратора технологического КС–1Е

Характеристика	Значение
Выходной/входной сигнал	(4–20) мА
Погрешность, %	до $\pm 0,5$
Встроенный источник питания	24 VDC в каждом измерительном канале
Температура измеряемой среды, °C	от минус 10 до 50
Количество измеряемых каналов	3
Варианты исполнения	общепромышленное
Диагональ монитора, дюймов	8
Степень защиты	IP66

### 3.3 Выбор исполнительных механизмов

Электростанции включают в себя такие системы, как воднопаровые контуры, газоочистные установки, градирни, котельные и турбины. Все эти агрегаты контролируются с помощью системы управления. Блок арматуры с электроприводом регулирует уровень конденсата в ПВД.

В качестве электропривода для контура регулирования уровня (поз. L1д, L1е, L1ж) был выбран электропривод AUMA SAR.

В качестве электропривода для управления электрифицированными задвижками (поз. Z1, Z2, Z3, Z4, Z5) был выбран электропривод AUMA SA, представленный на рисунке 14.

Приводы AUMA обеспечивают интерфейс для автоматизации систем управления на электростанциях. Электроприводы AUMA характеризуются высокой степенью устойчивости к перепадам напряжения, вибрации, критическим температурам и могут быть адаптированы к любому положению при монтаже [15].



Рисунок 14– Внешний вид электропривода AUMA

Основные технические характеристики электропривода приведены в таблицах 14,15.

Таблица 14 – Технические характеристики электропривода AUMA SAR

Характеристика	Значение
Выходной/входной сигнал	(4–20) мА
Крутящий момент, Н*м	от 15 до 4000

*Продолжение таблицы 14*

Напряжение питания двигателя привода, В	380
Выходная скорость, об/мин	от 4 до 90
Максимальное количество пусков, пусков в час	1200
Температура окружающей среды, °С	от минус 40 до 80
Ручное управление	ручной маховик
Степень защиты	IP68

Таблица 15 – Технические характеристики электропривода AUMA SA

<b>Характеристика</b>	<b>Значение</b>
Входной сигнал	дискретный 24 VDC
Выходной сигнал	(4–20) мА
Крутящий момент, Н*м	от 10 до 3200
Напряжение питания двигателя привода, В	380
Выходная скорость, об/мин	от 4 до 180
Максимальное количество пусков, пусков в час	1200
Температура окружающей среды, °С	от минус 40 до 60
Ручное управление	ручной маховик
Степень защиты	IP68

Электропривода AUMA отличаются простотой управления, прочностью, надежностью и долговечностью. Кроме того, электроприводы имеют функцию отключения по максимальному крутящему моменту, что в свою очередь предотвращает выход из строя привода при заклинивании регулирующего органа.

Исходя из вышеперечисленных технических характеристик, я выбрала электропривода AUMA.

В качестве КОС-3 (поз. Z66) был выбран клапан обратный соленоидный типа КОС-150-64.

В качестве КОС-1 и КОС-2 (поз. Z76, Z86) был выбран клапан обратный соленоидный типа КОС-250-40.

Питание соленоидов КОС осуществляется напряжением 220 VAC.

Для коммутации клапанов обратных соленоидных выбираем магнитный пускатель типа DILM7, представленный на рисунке 15.



Рисунок 15 – Внешний вид магнитного пускателя типа DILM7

Основные технические характеристики магнитного пускателя типа DILM7 приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Технические характеристики магнитного пускателя типа DILM7 [16]

Характеристика	Значение
Напряжение питания катушки	24 VDC
Номинальный рабочий ток, А	7
Тип подключения силовой электрической цепи	винтовое соединение
Температура окружающей среды, °C	от минус 25 до 60
Степень защиты согласно	IP20

### 3.4 Выбор программируемого логического контроллера

Для контроля технологических параметров и управления исполнительными механизмами необходимо выбрать ПЛК.

Выбор осуществлялся между Siemens SIMATIC S7–400, ОВЕН ПЛК154–220 и Schneider Electric Modicon, представленный в таблице 17.

Таблица 17 – Сравнительная таблица ПЛК

Технические характеристики	Тип ПЛК		
	SIMATIC S7–400	OBEH ПЛК154–220	Schneider Electric Modicon
Дискретный ввод/вывод 24 VDC	16/16	4/4	42/66
Аналоговый ввод/вывод (4–20) мА	16/16	4/4	4/4
Температура окружающей среды, °С	от минус 25 до 70	от минус 10 до 55	от 0 до 60
Интерфейсы	Industrial Ethernet, RS-232/ RS-485/ RS-422	Ethernet, RS-232/ RS-485	Ethernet, RS-485/ RS-232
Протокол передачи данных	TCP/RTU/ASCII, Profibus DP, ProfiNET	DCON, GateWay, (CoDeSys), Modbus, TCP/RTU/ASCII	CANopen, TCP/IP, Modbus
Время выполнения операций, мкс	0,1	250	2
Наработка на отказ, ч	50 000	10 000	37 000
Цена, руб.	от 120 000	от 28 000	от 42 000

Исходя из сравнительного анализа для реализации функций контроля, регистрации и управления технологическим оборудованием и запорной арматурой, а так же для коммуникации с промышленными ПК высшего уровня выбираем ПЛК SIMATIC S7–400.

### 3.4.1 Назначение программируемого логического контроллера

Программируемые логические контроллеры – это технические средства, используемые для автоматизации различных технологических процессов. К основным преимуществам данных средств можно отнести:

- работа в реальном масштабе времени;
- широкий спектр выполняемых математических алгоритмов и программ;
- модульная система;
- быстроедействие [17].

В нашем проекте ПЛК осуществляет сбор аналоговых и дискретных сигналов с преобразователей, при помощи алгоритмов управляет контурами регулирования и осуществляет связь с верхним уровнем системы.

Согласно ФСА, была составлена таблица 18, в которой представлены аналоговые и дискретные сигналы ПЛК.

Таблица 18 – Входные/выходные сигналы ПЛК

Назначение сигнала	Тип входа/выхода	Тип сигнала
Температура питательной воды до ПВД-5	Аналоговый вход	(4–20) мА
Температура греющего пара для ПВД-5	Аналоговый вход	(4–20) мА
Температура греющего пара для ПВД-6	Аналоговый вход	(4–20) мА
Температура греющего пара для ПВД-7	Аналоговый вход	(4–20) мА
Температура питательной воды после ПВД-7	Аналоговый вход	(4–20) мА
Давление пара в ПВД-5	Аналоговый вход	(4–20) мА
Давление пара в ПВД-6	Аналоговый вход	(4–20) мА
Давление пара в ПВД-7	Аналоговый вход	(4–20) мА
Давление питательной воды	Аналоговый вход	(4–20) мА
Уровень конденсата в ПВД-5	Аналоговый вход	(4–20) мА
Уровень конденсата в ПВД-6	Аналоговый вход	(4–20) мА

Продолжение таблицы 18

Уровень конденсата в ПВД-7	Аналоговый вход	(4–20) мА
Расход питательной воды	Аналоговый вход	(4–20) мА
Положение регулирующего клапана РК-3	Аналоговый вход	(4–20) мА
Положение регулирующего клапана РК-7	Аналоговый вход	(4–20) мА
Положение регулирующего клапана РК-8	Аналоговый вход	(4–20) мА
Положение электрофицированной задвижки ЭЗ-1	Аналоговый вход	(4–20) мА
Положение электрофицированной задвижки ЭЗ-2	Аналоговый вход	(4–20) мА
Положение электрофицированной задвижки ЭЗ-4	Аналоговый вход	(4–20) мА
Положение электрофицированной задвижки ЭЗ-5	Аналоговый вход	(4–20) мА
Положение электрофицированной задвижки ЭЗ-6	Аналоговый вход	(4–20) мА
Аварийная сигнализация давления питательной воды	Дискретный вход	(0–24) VDC
Аварийная сигнализация давления пара в ПВД-5	Дискретный вход	(0–24) VDC
Аварийная сигнализация давления пара в ПВД-6	Дискретный вход	(0–24) VDC
Аварийная сигнализация давления пара в ПВД-7	Дискретный вход	(0–24) VDC
Положение КОС-1 состояние «открыто»	Дискретный вход	(0–24) VDC
Положение КОС-1 состояние «закрыто»	Дискретный вход	(0–24) VDC
Положение КОС-2 состояние «открыто»	Дискретный вход	(0–24) VDC

Продолжение таблицы 18

Положение КОС-2 состояние «закрыто»	Дискретный вход	(0–24) VDC
Положение КОС-3 состояние «открыто»	Дискретный вход	(0–24) VDC
Положение КОС-3 состояние «закрыто»	Дискретный вход	(0–24) VDC
Управление регулирующим клапаном РК-3	Аналоговый выход	(0–24) VDC
Управление регулирующим клапаном РК-7	Аналоговый выход	(0–24) VDC
Управление регулирующим клапаном РК-8	Аналоговый выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-1 сигнал «открыть»	Дискретный выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-1 сигнал «закрыть»	Дискретный выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-1 сигнал «стоп»	Дискретный выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-2 сигнал «открыть»	Дискретный выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-2 сигнал «закрыть»	Дискретный выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-2 сигнал «стоп»	Дискретный выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-4 сигнал «открыть»	Дискретный выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-4 сигнал «закрыть»	Дискретный выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-4 сигнал «стоп»	Дискретный выход	(0–24) VDC



*Продолжение таблицы 18*

Электрифицированная задвижка ЭЗ-5 сигнал «открыть»	Дискретный выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-5 сигнал «закрыть»	Дискретный выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-5 сигнал «стоп»	Дискретный выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-6 сигнал «открыть»	Дискретный выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-6 сигнал «закрыть»	Дискретный выход	(0–24) VDC
Электрифицированная задвижка ЭЗ-6 сигнал «стоп»	Дискретный выход	(0–24) VDC
КОС-1 сигнал «включить»	Дискретный выход	(0–24) VDC
КОС-2 сигнал «включить»	Дискретный выход	(0–24) VDC
КОС-3 сигнал «включить»	Дискретный выход	(0–24) VDC

### **3.4.2 Выбор конфигурации программируемого логического контроллера**

SIMATIC S7–400 – это модульный программируемый контроллер, монтажная стойка которого состоит из следующих узлов, представленных на рисунке 16 [17]:

- блок питания;
- центральный процессор;
- коммуникационные модули;

– сигнальные и функциональные модули.



Рисунок 16 – Внешний вид SIMATIC S7–400

#### **3.4.2.1 Выбор центрального процессора**

Центральный процессор предназначен для выполнения программы пользователя и управления всеми узлами контроллера.

Для реализации алгоритмов управления ТП выбираем центральный процессор средней степени ложности CPU412–2, представленный на рисунке 17.



Рисунок 17– Внешний вид центрального процессора CPU412–2

Основные технические характеристики процессора приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Технические характеристики центрального процессора CPU412–2 [17].

<b>Характеристика</b>	<b>Значение</b>
Рабочая память RAM, Кбайт для программ и для данных	256/256
Встроенная загружаемая память, RAM, Кбайт	512
Дискретные входа/выхода	до 32768
Аналоговые входа/выхода	до 2048
Встроенные интерфейсы	MPI/ PROFIBUS DP + PROFIBUS DP
Потребляемая мощность, Вт	4
Диапазон рабочих температур, °C	от 0 до 60

### **3.4.2.2 Выбор коммуникационного модуля**

Коммуникационный модуль CP 443–1, представленный на рисунке 18, предназначен для подключения программируемых контроллеров S7–400 к сети Industrial Ethernet. Он оснащен встроенным микропроцессором и позволяет разгружать центральный процессор контроллера от обслуживания коммуникационных задач и дополнительных коммуникационных соединений. CP 443–1 позволяет выполнять обмен данными между программируемым контроллером S7–400 и:

- программаторами/ компьютерами;
- главными компьютерами;
- приборами человеко-машинного интерфейса;
- системами автоматизации SIMATIC S5/ S7/ C7/ WinCC;
- приборами и контроллерами ввода–вывода PROFINET IO;
- приборами и системами других производителей.



Рисунок 18 – Внешний вид коммуникационного модуля CP 443–1

Основные технические характеристики модуля приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Технические характеристики коммуникационного модуля CP 443–1 [17]

Характеристика	Значение
Скорость обмена данными, Мбит/с	10/100
Интерфейсы	Industrial Ethernet: два гнезда RJ 45
Потребляемая мощность, Вт	8,6
Диапазон рабочих температур, °C	от 0 до 60

### 3.4.2.3 Выбор сигнальных и функциональных модулей

Сигнальные и функциональные модули являются буферными устройствами ПЛК. Они служат для обработки сигналов от преобразователей и управления исполнительными механизмами.

На основании таблицы 18 необходимое количество входов и выходов контроллера следующее:

- а) аналоговый вход (4–20) мА – 21 шт.;
- б) дискретный вход (0–24) VDC – 10 шт.;
- в) аналоговые выходы (4–20) мА – 3 шт.;
- г) дискретный выход (0–24) VDC – 18 шт.

Исходя из необходимого количества дискретных входов и аналоговых входов/выходов выбираем функциональный модуль FM455C, представленный на рисунке 19 [17].

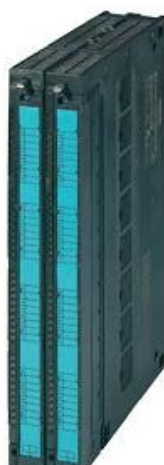


Рисунок 19 – Внешний вид функционального модуля FM455C

Основные технические характеристики модуля приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Технические характеристики функционального модуля FM455S

Характеристика	Значение
Количество каналов регулирования	16
Количество дискретных входов 24 VDC	16
Количество аналоговых входов/выходов (4–20) мА	16/16
Минимальное время выборки, мс	160
Потребляемая мощность, Вт	12
Диапазон рабочих температур, °C	от 0 до 60

Исходя из необходимого количества аналоговых входов, выбираем сигнальный модуль SM431, представленный на рисунке 20 [17].



Рисунок 20 – Внешний вид сигнального модуля SM431

Основные технические характеристики модуля приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Технические характеристики сигнального модуля SM431

Характеристика	Значение
Количество аналоговых входов (4–20) мА	8
Разрядность АЦП, бит	13
Потребляемая мощность, Вт	1,8
Диапазон рабочих температур, °С	от 0 до 60

Исходя из необходимого количества дискретных выходов, выбираем сигнальный модуль SM422, представленный на рисунке 21.



Рисунок 21– Внешний вид сигнального модуля SM422

Основные технические характеристики модуля приведены в таблице 22 [17].

Таблица 22 – Технические характеристики сигнального модуля SM422

Характеристика	Значение
Количество дискретных выходов	32
Потребляемая мощность, Вт	8
Индикация состояний выходных сигналов	есть
Диапазон рабочих температур, °С	от 0 до 60

#### 3.4.2.4 Выбор блока питания

Блоки питания предназначены для формирования напряжений, необходимых для работы центральных процессоров и других модулей контроллера S7–400. Блоками питания комплектуются все стойки. Питание датчиков и приводов осуществляется от отдельных блоков питания.

Исходя из потребляемой мощности центрального процессора и модулей расширения, выбираем блок питания PS405, представленный на рисунке 22 [17].



Рисунок 22–Внешний вид блока питания PS405

Основные технические характеристики блока питания приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Технические характеристики блока питания PS405

Характеристика	Значение
Входное напряжение, В	24 VDC
Выходное напряжение, В	5
Входная мощность, Вт	48
Диапазон рабочих температур, °С	от 0 до 60

## 4 Разработка алгоритмов управления

Разработка алгоритмов управления необходима для повышения:

- уровня информированности персонала и достоверности данных по состоянию технологического оборудования;
- качества ведения технологического процесса в ПВД;
- эффективности действий персонала;
- надежности управления объектом.

Алгоритмы позволяют обрабатывать входные сигналы, и команды оператора, поступающие с АРМ, а также выдавать управляющие сигналы на исполнительные механизмы и сообщения оператору.

Входной/выходной информацией для алгоритмов является:

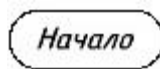
- обработанные входные сигналы объекта в ПЛК;
- данные поступающие по интерфейсу Industrial Ethernet;
- данные, формируемые для управления комплекса аппаратно-технических средств с АРМ оператора.

Принятая модель построения АСУ ТП ПВД соответствует реальному процессу и обеспечивает последовательную работу её частей в следующих режимах:

- автономное включение, настройка и проверка сети контроллеров;
- включение, настройка, проверка и запуск системы контроля и управления;
- текущая работа системы в режимах:
  - а) местном (ручном);
  - б) дистанционном;
  - в) автоматическом;
  - г) настройки;
- восстановление работы системы.

При представлении алгоритмов в виде блок-схем использованы следующие элементы [3]:

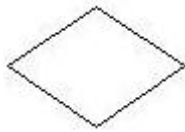




– начало алгоритма (точка входа);



– конец алгоритма (точка выхода);



– ветвление по условию:

Да – действие при выполнении условия,

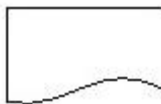
Нет – действие при невыполнении условия;



– выполняемые действия;



– вызов предопределенного процесса (подпрограммы);



– формирование сообщения оператору

#### **4.1 Алгоритм пуска/останова технологического оборудования**

Алгоритм пуска/останова технологического оборудования  
представлен на рисунке 23.

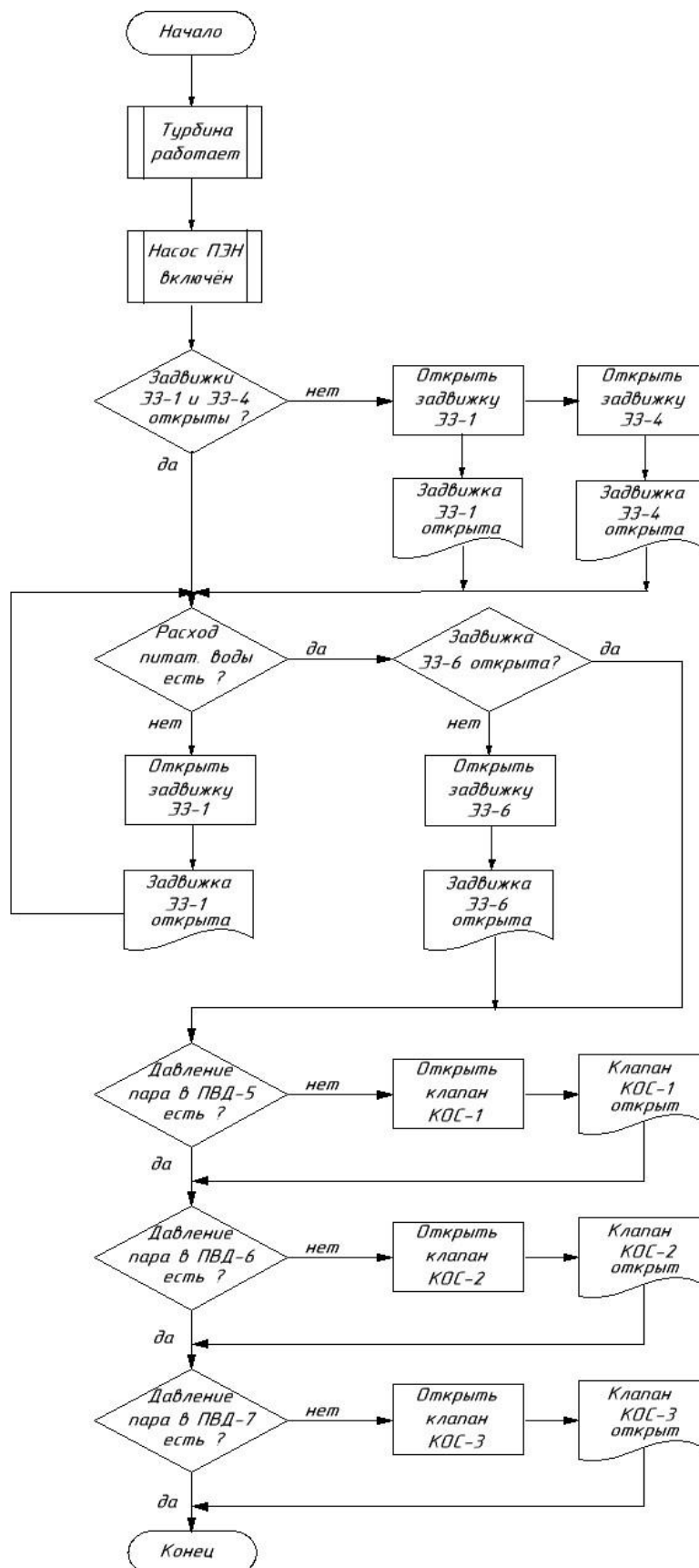


Рисунок 23 – Алгоритм пуска/останова технологического оборудования

## 4.2 Алгоритм сбора данных измерений

В качестве сбора данных измерений выберем канал измерения давления пара в ПВД [3].

Алгоритм сбора данных представлен на рисунке 24.

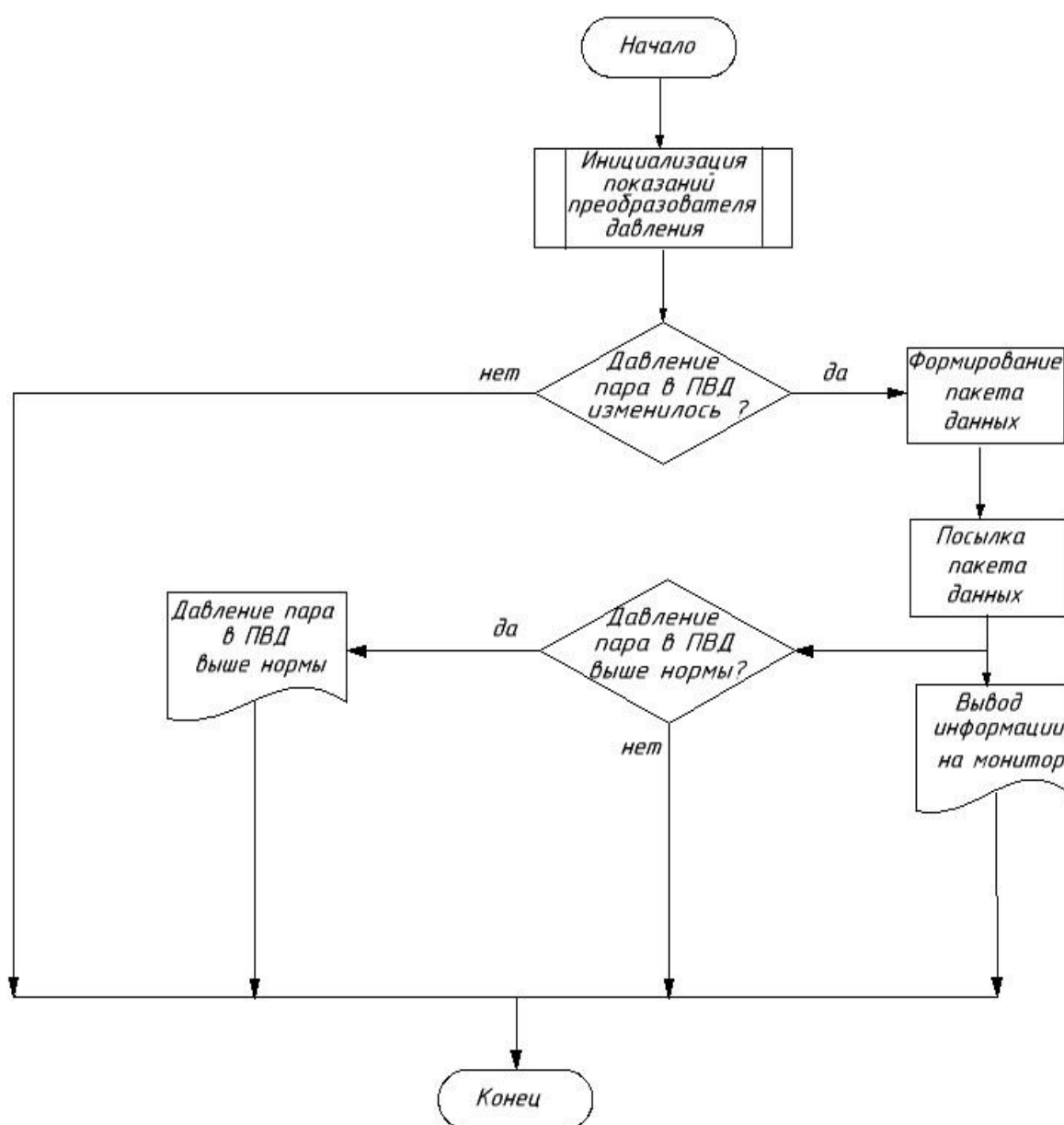


Рисунок 24 – Блок-схема алгоритма сбора данных канал измерения давления пара в ПВД

### 4.3 Алгоритм автоматического регулирования технологическим процессом

В процессе работы ПВД, необходимо поддерживать уровень конденсата в заданных пределах, для предотвращения аварийной ситуации в турбоагрегате [2].

В качестве параметра технологического процесса, выбираем регулирование уровня конденсата в ПВД.

Объект регулирования является апериодическим звеном с запаздыванием и описывается передаточной функцией (1):

$$W(S) = \frac{K_0}{T_0 S + 1} e^{-\tau_0 S} \quad (1)$$

где  $K_0$  – коэффициент усиления;

$T_0$  – постоянная времени;

$\tau_0$  – время запаздывания.

Структурная схема поддержания уровня конденсата в ПВД, представлена на рисунке 25.



Рисунок 25 – Структурная схема поддержания уровня конденсата в ПВД

Регулирующий орган представляет собой электропривод АУМА, управляющий регулирующим клапаном. Электропривод состоит, в свою очередь, из асинхронного двигателя и редуктора.

Передаточные функции асинхронного двигателя (2) и редуктора (3) представлены ниже:

$$W(S) = \frac{K_{АД}}{T_{АД} S + 1} \quad (2)$$

где  $K_{АД}$  – коэффициент передачи асинхронного двигателя;

$T_{АД}$  – постоянная времени асинхронного двигателя [18];

$$W(S) = \frac{K_p}{T_p S} \quad (3)$$

где  $K_p$  – коэффициент передачи редуктора;  
 $T_p$  – постоянная времени редуктора.

Регулирующий клапан описывается интегральным звеном (4):

$$W(S) = \frac{1}{S} \quad (4)$$

На рисунке 26 представлена модель системы регулирования уровня конденсата в ПВД, созданная в Matlab Simulink.



Рисунок 26 – Схема модели в Matlab Simulink

Так как, САР обладает свойством полностью устранять ошибку регулирования, т.е. обладает астатизмом, решено использовать ПД-регулятор.

Цепочка регулирования функционирует следующим образом. Уровень на выходе объекта управления измеряется уровнемером Rosemount 5301, сигнал которого сравнивается с сигналом задатчика. Разность между этими значениями называется сигналом рассогласования. Сигнал рассогласования поступает на ПД-регулятор. В зависимости от значения сигнала рассогласования, с ПД-регулятора поступает управляющее воздействие на исполнительный механизм.

Для настройки коэффициентов ПД-регулятора, воспользуемся автоматической настройкой регулятора «Tune» в программном пакете Simulink, который представлен на рисунке 27 [19].

Controller parameters

Source:	internal
Proportional (P):	0.181859009287281
Derivative (D):	2.73418689836065
Filter coefficient (N):	7.89064742853484

Рисунок 27 – Настройки ПД-регулятора в Simulink

Переходный процесс представлен на рисунке 28.

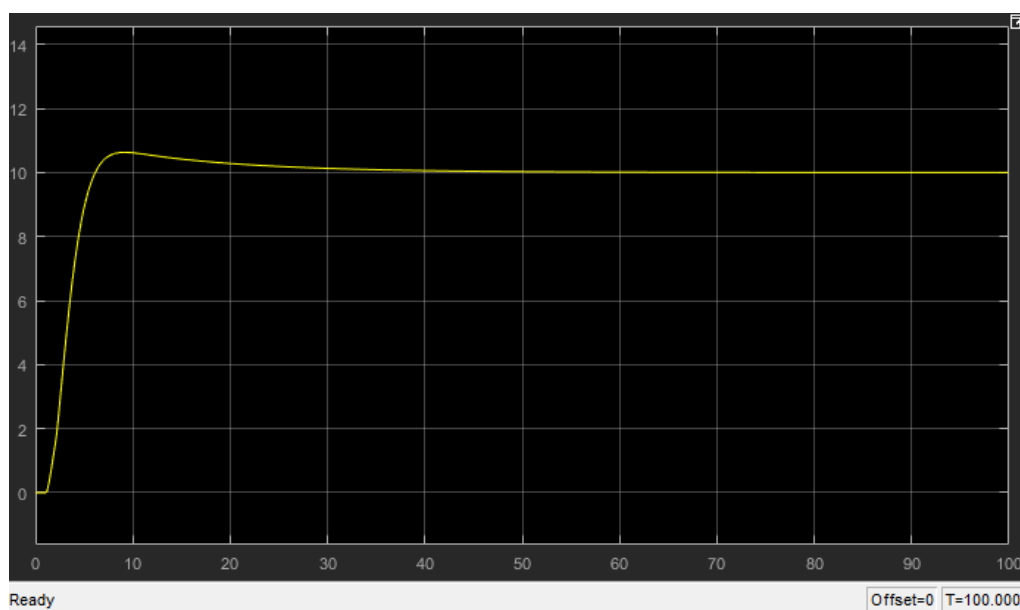


Рисунок 28 –График переходного процесса САР

По графику переходного процесса можно увидеть, что время переходного процесса составляет 20 секунд, а перерегулирование меньше 10 %. Данная система устойчива и удовлетворяющую всем характеристикам [19].

## 5 Экранные формы автоматизированной системы управления технологическим процессом

### 5.1 Разработка мнемосхем SCADA–системы

Управление в АСУ ТП ПВД турбоагрегата реализовано с использованием SCADA–системы WinCC.

Экран рабочего места оператора разделен на несколько областей, каждая из которых выполняет свои задачи по обеспечению оператора наиболее полной информацией о работе технологического участка:

- область отображения сообщений;
- область переключателей мнемосхем и функциональных кнопок;
- область отображения мнемосхем для графического представления технологического процесса.

Мнемосхема ФЮРА. 425280. 001 ЭС 06 АСУ ТП приведена в приложение К [3].




### 5.2 Разработка человеко-машинного интерфейса в среде LabVIEW

Для автоматизированной системы технологического процесса был разработан человеко–машинный интерфейс (ЧМИ) в программном обеспечении LabVIEW [20].


Разработанный ЧМИ представлен в приложении Л.

В таблице 24 представлены цвета, используемые при визуализации технологического процесса.

Таблица 24 – Цвета, используемые при визуализации ТП

Цвет	Название	Назначение
<b>Технологическое оборудование</b>		
	синий	магистраль питающей воды
	красный	турбоагрегат, магистраль подающего пара
	бирюзовый	магистраль слива конденсата
	белый	ПВД

Продолжение таблицы 24

	голубой	деаэратор
<b>Индикация КТС</b>		
	желтый	показание приборов
	фиолетовый	степень открытия клапана в процентах
	красный	клапан «ЗАКРЫТ»
	зеленый	клапан «ОТКРЫТ»
	серый	преобразователь
<b>Индикация аварийного состояния</b>		
	зеленый	параметр в норме
	красный	параметр выше нормы

Для оператора предусмотрена панель ручного управления исполнительными механизмами и задатчики уровня в ПВД.

На панели управления, показанной на рисунке 29, представлены круговые регуляторы черного цвета, это задатчики уровня конденсата в ПВД-5,6,7.



Рисунок 29 – Внешний вид панели управления

Тумблера зеленого цвета позволяют в ручном режиме управлять КОС-1,2,3.

Ползунковые регуляторы белого цвета осуществляют ручное управление регулируемыми клапанами РК-3,7,8 и электрифицированными задвижками ЭЗ-1,2,4,5,6.



## **6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Одним из важнейших этапов при разработке технического проекта является расчет его технико–экономических показателей. Необходимо произвести оценку коммерческого и инновационного потенциала проекта, обосновать требуемые инвестиции и получить приближенную оценку результатов внедрения данного инженерного решения.

Основными целями выполнения данного раздела является расчет затрат на проектирование модернизированной АСУ ТП ПВД турбоагрегата.

### **6.1 Организация и планирование работ**

Для того чтобы построить линейный график, всю планируемую работу следует разделить на этапы. Содержание и количество таких этапов определяется спецификой рассматриваемой темы.

Всего можно выделить три основных этапа разработки: подготовительный этап, основной этап и заключительный этап.

Перечень этапов выполненной работы, и их исполнители приведены в таблице 25.

Исполнителями работ являются научный руководитель НР, и инженер–проектировщик (исполнитель) И [21].

Таблица 25 – Перечень основных этапов

<b>Этап работы</b>	<b>Вид работы</b>	<b>Исполнители</b>	<b>Загрузка исполнителей</b>
Подготовительный	Постановка цели и задач исследования	НР И	100 % 10 %
	Составление и утверждение ТЗ	НР И	100 % 10 %
	Обзор и изучение технической литературы и нормативной документации	И	100 %
Основной	Расчеты и аналитика (анализ технологического процесса; разработка схем, алгоритмов управления и экранных форм)	И	100 %
	Анализ экологичности проекта и экономичности проведенных работ	И	100 %

Заключительный	Обсуждение результатов и оценка эффективности проведенных работ	НР И	30 % 100 %
	Написание пояснительной записки и оформление презентационного материала	И	100 %

### 6.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может, осуществляется двумя методами:

- технико–экономическим;
- опытно–статистическим.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Так как исполнитель работы зачастую не располагает соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и околонулевыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя НИР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой НИР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов (этапов работы).

Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ  $t_{ож}$  применим формулу (5):

$$t_{\text{ОЖ}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} \quad (5)$$

где  $t_{\text{max}}, t_{\text{min}}$  – максимальное и минимальное время работ соответственно, дни.

Для выполнения перечисленных работ потребуются следующие специалисты:

- инженер (И);
- научный руководитель (НР).

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ( $T_{\text{РД}}$ ) ведется по формуле (6):

$$T_{\text{РД}} = \frac{t_{\text{ОЖ}}}{K_{\text{ВН}}} * K_{\text{Д}} \quad (6)$$

где  $t_{\text{ОЖ}}$  – продолжительность работ в днях;

$K_{\text{ВН}}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно  $K_{\text{ВН}} = 1$ ;

$K_{\text{Д}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ( $K_{\text{Д}} = 1 - 1,2$ ).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях производится по формуле (7):

$$T_{\text{КД}} = T_{\text{РД}} * T_{\text{К}} \quad (7)$$

где  $T_{\text{КД}}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{К}}$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и вычисляемый по формуле (8) [21]:

$$T_{\text{К}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} \quad (8)$$

где  $T_{\text{КАЛ}}$  – календарные дни ( $T_{\text{КАЛ}} = 366$ );

$T_{\text{ВД}}$  – выходные дни ( $T_{\text{ВД}} = 104$ );

$T_{\text{ПД}}$  – праздничные дни ( $T_{\text{ПД}} = 14$ ).

$$T_{\text{К}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,476$$

Коэффициент календарности равен 1,476.



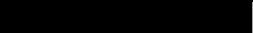
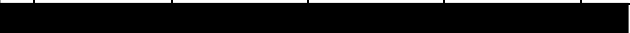
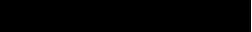


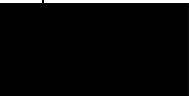
Результаты расчетов представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Трудозатраты на выполнение работы

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям			
					человеко-дни			
					$T_{\text{РД}}$		$T_{\text{КД}}$	
		$t_{\text{min}}$	$t_{\text{max}}$	$t_{\text{ож}}$	НР	И	НР	И
Подготовительный этап								
Постановка цели и задач исследования	НР, И	1	3	1,8	1,8	0,2	3,2	0,3
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	2	4	2,8	2,8	0,3	5,0	0,5
Обзор и изучение технической литературы и нормативной документации	И	8	15	10,8	–	13	–	19,1
Основной этап								
Расчеты и аналитика (анализ технологического процесса; разработка схем, алгоритмов управления и экранных форм)	И	25	30	27	–	32,4	–	47,8
Анализ экологичности проекта и экономичности проведенных работ	И	8	15	10,8	–	13	–	19,1
Заключительный этап								
Обсуждение результатов и оценка эффективности проведенных работ	НР, И	2	4	2,8	1,0	3,4	1,5	5,0
Написание пояснительной записки и оформление презентационного материала	И	7	14	9,8	–	11,7	–	17,4
Итого:				65,8	11,2	74	9,7	109,2

На основе данных результатов был построен линейный график, таблица 27.

Таблица 27 – Линейный график работ

Этап	НР	И	Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	3,2	0,3											
2	5,0	0,5											
3	0,0	19,1											
4	0,0	47,8											
5	0,0	19,1											
6	1,5	5,0											
7	0,0	17,4											

Научный руководитель – 

Исполнитель – 

## **6.2 Расчет сметы затрат на реализацию проекта**

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы [21].

### **6.2.1 Расчет затрат на материалы**

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того статья включает так называемые транспортно – заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение

сделки купли–продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это (5–20) % [21].

В таблице 28 приведен расчет затрат на материалы.

Таблица 28 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Бумага для принтера формат А4 (упаковка)	300	1	300
Картридж для принтера (ч/б) Canon	750	1	750
Гелиевая ручка	45	3	135
Блокнот для записей	125	2	250
Лицензия ПО «Компас» (электронная)	1620	1	1620
<b>Итого:</b>			<b>3055</b>

Допустим, что транспортно–заготовительные расходы (ТЗР) составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны  $C_{\text{мат}} = 3055 * 1,05 = 3207,75$  руб.

### 6.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и исполнитель проекта, а также премии, входящие в фонд заработной платы [21].

Средне–тарифная заработная плата рассчитывается по формуле (9):

$$ЗП_{\text{ДН-Т}} = \frac{МО}{25,083} \quad (9)$$

где МО – месячный оклад для сотрудников ТПУ, руб.;

25,083 – среднее количество рабочих дней в месяце (при шестидневной рабочей неделе).

Для учета в составе полной заработной платы премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{\text{ПР}} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$ ;  $K_{\text{р}} = 1,3$ . Таким образом, для

перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$ .

Результаты расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 664	1 342,1	11,2	1,699	25 538,55
И	9 489	378,3	74,0	1,699	47 562,15
Итого:					73 100,7

### 6.2.3 Расчёт затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту (10):

$$C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} * 0.3 \quad (10)$$

Итак, в нашем случае:

$$C_{\text{соц}} = 73100,7 * 0.3 = 21930,21 \text{ руб.}$$

### 6.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле (11):

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} * t_{\text{об}} * C_{\text{э}} \quad (11)$$



где  $P_{\text{ОБ}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{Э}}$  – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{ОБ}}$  – работы оборудования, час.

$\text{Ц}_{\text{Э}}$  – тариф за 1 кВт · час (Для ТПУ с НДС 5,748  $\frac{\text{руб}}{\text{кВт}\cdot\text{час}}$ )

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для исполнителя ( $T_{\text{РД}}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов (12):

$$t_{\text{ОБ}} = T_{\text{РД}} * K_{\text{Т}} \quad (12)$$

Здесь  $T_{\text{РД}} = 592$ .  $K_{\text{Т}} \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{\text{РД}}$ , определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение  $t_{\text{об}}$  путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле (13):

$$P_{\text{ОБ}} = P_{\text{НОМ}} * K_{\text{С}} \quad (13)$$

где  $P_{\text{НОМ}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_{\text{С}} \leq 1$  - коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_{\text{С}} = 0,9$  [21].

В таблице 30 приведен расчет электроэнергии для технологических целей.

Таблица 30 – Затраты на энергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$ , час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$ , кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{ОБ}}$ , руб.
Персональный компьютер	592*0,9	0,3	159,84
Принтер (ч/б)	592*0,005	0,1	1,70
Итого:			161,54

### 6.2.5 Расчет амортизационных расходов

Амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта определяется по формуле (14):

$$C_{AM} = \frac{H_A * Ц_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_d} \quad (14)$$

где  $H_A$  – годовая сумма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$  – стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР, руб.;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, час;

$t_{рф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, час;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Норма амортизация ПК определяется следующим образом (15):

$$H_A(ПК) = \frac{1}{C_A} = \frac{1}{2,5} = 0,4 \quad (15)$$

где  $C_A$  – срок амортизации ПК (2–3 года).

Норма амортизации принтера ч/б (16):

$$H_A(пр ч/б) = \frac{1}{C_A} = \frac{1}{2} = 0,5 \quad (16)$$

Тогда

$$C_{AM}(ПК) = \frac{0,4 * 35000 * 532,8 * 1}{2384} = 3128,86 \text{ руб}$$

$$C_{AM}(пр ч/б) = \frac{0,5 * 9500 * 2,96 * 1}{500} = 28,12 \text{ руб}$$

Общие амортизационные отчисления составят:

$$C_{AM} = 3128,86 + 28,12 = 3156,98 \text{ руб.}$$

### 6.2.6 Расчёт прочих расходов

В данной статье отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10 % от суммы всех предыдущих расходов, т.е.  $C_{проч} = (C_{MAT} + C_{ЗП} + C_{СОЦ} +$

$$+C_{\text{ЭЛ.ОБ}} + C_{\text{АМ}}) * 0,1 = (3207,75 + 73\,100,7 + 21\,930,21 + 161,54 + 3156,98) * 0,1 = 10\,155,72 \text{ руб.}$$

### 6.2.7 Расчёт общей себестоимости разработки

Результаты расчетов по всем статьям затрат (работы) себестоимость приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	3 207,75
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	73 100,7
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	21 930,21
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	161,54
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	3156,98
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	10 155,72
<b>Итого:</b>		<b>111 712,9</b>

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 111\,712,9$  руб.

### 6.2.8 Расчёт прибыли

Прибыль от реализации проекта следует принять в размере (5–20) % от полной себестоимости работы и составит 22 342,58 руб. (20 %).

### 6.2.9 Расчёт налога на добавленную стоимость

С 2020 года НДС составляет 20 % от суммы затрат на разработку и прибыли.

$$\text{Тогда НДС} = 0,2 \cdot (111\,712,9 + 22\,342,58) = 26\,811,1 \text{ руб.} \quad (17)$$

### **6.2.10 Цена разработки научно исследовательской работы**

Цена разработки определяется следующим образом:

$$\text{ЦНИР} = 111\,712,9 + 22\,342,58 + 26\,811,1 = 160\,866,58 \text{ руб.} \\ (18).$$

### **6.3 Оценка экономической эффективности проекта**

После анализа результатов проектирования данной АСУ ТП может быть сделан вывод, что источником экономического эффекта проекта, является снижение эксплуатационных расходов, в частности – сокращение затрат на потребляемую электроэнергию и содержание технического персонала. После введения системы в эксплуатацию сократится потребность в персонале, за счет автоматизации процесса ПВД турбоагрегата.

Количественная оценка результатов, достигнутых в процессе модернизации АСУ ТП подогревателей высокого давления невозможно, так как модернизацию, на данном предприятии будет проводить монтажно – наладочная организация, не достаточно данных о количестве её сотрудников для оценки экономической эффективности.

## **7 Социальная ответственность**

В данном разделе рассмотрены такие социальные вопросы, как охрана труда, экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях [22].

Охрана труда на ТЭЦ, направлена на высокую надежность производства, с соблюдением всех требований безопасности и устранение рисков для жизни и здоровья работников, а также сохранение благоприятной окружающей среды и рациональное использование энергоресурсов.

### **7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **7.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства**

Организация труда производится в соответствии с правилами внутреннего распорядка и Трудового кодекса Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года № 414–V.

Количество рабочих дней и их продолжительность зависит от структурного подразделения (цеха) и должности работника. Рабочее время дневного персонала – с 8:00 до 17:00, включая обеденный перерыв продолжительностью 1 час. Время работы персонала смены: 7:00 – 19:00 (дневная) и 19:00 – 7:00 (ночная) [23].

На предприятии проводятся внутренние аудиты, осуществляются ежедневные проверки состояния рабочих мест и безопасного выполнения работ, в которых задействовано более 47 % персонала. Ежемесячно на предприятии проводятся «Дни техники безопасности».

На ТЭЦ уделяется огромное внимание технике безопасности. Работа проводится по пяти основным аспектам:

- улучшение уровня превентивной безопасности;

- улучшение информирования и коммуникации;
- повышение уровня технической подготовки персонала, развитие личностного роста и улучшение знаний в области техники безопасности и охраны окружающей среды посредством обучения;
- управление безопасностью подрядных организаций;
- устранение небезопасного поведения сотрудников и подрядчиков.

Все работники на предприятии полностью обеспечены спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты. Для каждого вида работ предусмотрены и подобраны высококачественные средства индивидуальной защиты.

В производственных помещениях размещены станции с берушами для защиты органов слуха, а также станции для промывки глаз при попадании в них агрессивных веществ. Для выполнения работ по переключениям в электроустановках регулярно приобретаются костюмы защиты от электрической дуги, средства защиты (каска, перчатки, балаклава) для оперативного персонала станции и персонала электрического цеха, участвующего в переключениях. Вся приобретаемая спецодежда имеет сертификаты качества товаров.

#### **7.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

ГОСТ 22269–76 [24] распространяется на индивидуальные рабочие места операторов стационарных и подвижных объектов системы «человек–машина» и устанавливает общие эргономические требования к взаимному расположению элементов рабочего места: пульта управления, средств отображения информации, органов управления, кресла, вспомогательного оборудования.

При взаимном расположении элементов рабочего места необходимо учитывать:

- рабочую позу человека–оператора;
- пространство для размещения человека–оператора;
- возможность обзора элементов рабочего места;
- возможность обзора пространства за пределами рабочего места;
- возможность ведения записей, размещения документации и материалов, используемых человеком–оператором.

Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать необходимые зрительные и звуковые связи между оператором и оборудованием, а также между операторами [24].

При расположении элементов рабочего места должны быть предусмотрены необходимые средства защиты человека–оператора от воздействия опасных и вредных факторов, предусмотренных ГОСТ 12.0.003–74 [25], а также условия для экстренного ухода человека–оператора с рабочего места.

Взаимное расположение пульта управления, кресла, органов управления и средств отображения информации должно производиться в соответствии с антропометрическими показателями, структурой деятельности, психофизиологическими и биомеханическими характеристиками человека–оператора [25].

## **7.2. Профессиональная социальная безопасность**

### **7.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования**

При выборе факторов используем ГОСТ 12.0.003–2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [26]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 32.

Таблица 32 – Опасные и вредные факторы при работе оператора АСУ ТП

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изготов- ление	Эксп- луатация	
1. Шум и вибрация		+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СП 52.13330.2011
3. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	+	+	СанПиН 2.2/2.4.1340-03
4. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548 - 96
5. Электробезопасность		+	+	ГОСТ 12.1.030-81 и ИП 01-10
6. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны		+	+	СанПиН 2.2.4.548 - 96

### 7.2.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов

Требованиями безопасности предусматривается необходимость проведения мероприятий по предотвращению на работников опасных и вредных производственных факторов. С учетом этого на предприятии разработан план по улучшению условий труда.

Объекты оценки рассматриваются согласно таблице 32.

#### ***Шум и вибрация.***

В соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [27], уровни шумов на рабочих местах не должны превышать допустимых значений, а именно:

– постоянные рабочие места в производственных помещениях на расстоянии 1 м от работающего оборудования не более 80 дБ (А);



– помещение управления (в зависимости от выполненной работы) не более (60–65) дБ (А).

Основными источниками шума на площадке являются турбоагрегаты, паровые энергетические котлы, насосы, тягодутьевое оборудование, вентиляторы, а также трубопроводы (особенно паропроводы) и редуционно-охладительные установки.

Мероприятия по снижению шума:

– применяемые установки имеют уровни шума, не превышающие допустимых значений согласно требованиям нормативных документов Республики Казахстан;

– оборудование размещается в специальных ограждениях (кожухах, контейнерах), защищающих его от воздействия внешних факторов и снижающих уровни шумов;

– выполняются шумоглушители на воздухозаборах всех вспомогательных вентиляторных установок котельной;

– применяется тепловая (акустическая) изоляция газоходов, выхлопных труб;

– на дверях устраиваются шумопоглощающие прокладки;

– воздухо и газопроводы, в требуемых местах, покрываются звукопоглощающей изоляцией.

Для снижения уровней вибраций от технологического оборудования и трубопроводов дополнительно предусматриваются следующие мероприятия:

– применяются вибробезопасные механизмы и установки;

– под тяжелое вибрирующее оборудование сооружаются самостоятельные (индивидуальные) фундаменты – под насосы;

С учетом выполнения всех шумозащитных мероприятий, предусмотренных проектом, внешние шумы на близлежащие населенные пункты не распространяются.

### ***Освещенность рабочей зоны.***

АРМ оператора должно освещаться таким образом, чтобы можно было отчётливо видеть технологический процесс и вести запись суточной ведомости, не напрягая при этом зрение.

По нормам освещенности, согласно СП 52.13330.2011 [28] работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений.

Аварийное освещение должно включаться автоматически, сразу после отключения обычного электроснабжения, при этом, его ресурса должно хватать минимум на полтора часа работы при освещённости 1 лк.

### **Электромагнитные излучения**

Мониторы и системные блоки производят электромагнитное излучение. Данные излучения вызывают нервные расстройства, ослабление иммунной системы, нарушения жизнеобrazующих процессов, расстройства сердечно-сосудистой системы и ухудшение зрительная активность.

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений приведены в СанПиН 2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [29]. Напряженность электромагнитного поля в 50 см вокруг дисплея по электрической составляющей составляет не более 25 В/м в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц, и не более 2,5 В/м в диапазоне частот от (2 – 400) кГц. Плотность магнитного потока в 50 см вокруг дисплея составляет не более 250 нТл в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц, и не более 25 нТл в диапазоне частот (2 – 400) кГц, поверхностный электростатический потенциал не превышает 500 В.

Время работы за дисплеем не должно превышать четырёх часов в сутки. Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранении здоровья на протяжении рабочей смены устанавливаются регламентированные перерывы (при 8 часовом рабочем дне – 15 минут каждый час работы).

Для уменьшения электромагнитного излучения от дисплея компьютера используются жидкокристаллические мониторы, поскольку его излучение значительно меньше, чем у мониторов с электронно – лучевой трубкой. Дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее (60 – 70) см [29].

На щитах управления турбоагрегатом все мониторы расположены на отдельных столах.

### ***Показатели микроклимата.***

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону производственных помещений без разграничений рабочих мест на постоянные и непостоянные. Допустимые показатели устанавливаются на постоянных и непостоянных рабочих местах рабочей зоны.

На щитах управления, пультах, в залах вычислительной техники, а также в других помещениях при выполнении работ операторского типа, связанных с нервно-эмоциональным напряжением, должны соблюдаться оптимальные величины температуры воздуха (18–21) °С, его относительной влажности (60–40) % и скорости движения (не более 0,1 м/с) [30].

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся:

- правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха;
- отопление помещений.

Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещении должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха:

- 30 м<sup>3</sup> на человека в помещении с естественным проветриванием;
- 60 м<sup>3</sup> на человека без естественного проветривания.

### ***Электробезопасность.***

АРМ оператора укомплектованы двумя мониторами, системным блоком, манипулятором «мышь» и клавиатурой.

В данном случае существует опасность электропоражения:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПК;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции);
- при соприкосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- имеется опасность короткого замыкания в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Помещение кабинета сухое, непыльное, с нормальной температурой воздуха и поэтому относится к классу помещений без повышенной опасности. Переключатели, кнопки и разъемы, клавиатура изолированы, пол покрыт электроизоляционным покрытием. Корпус ЭВМ изготовлен из металлического листа, обладает высокой механической прочностью и высокими экранирующими свойствами, покрыт токонепроводящими полимерными пластмассами. ПК подключен к заземляющему контуру.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся:

- изоляция (надежная изоляция проводов от земли и корпусов электроустановок создает безопасные условия для персонала);
- ограждение (кожухи, крышки, шкафы, закрытые панели и т.п.);
- блокировка (автоматически снимается напряжения с токоведущих частей электроустановок при прикосновении с ним);
- электрозащитные средства (изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками, диэлектрические перчатки и боты, калоши, коврики, указатели напряжения);
- сигнализация (звуковая и световая);
- плакаты и знаки безопасности.

Повышение электробезопасности в установках достигается за счет применением систем защитного заземления, защитного зануления и защитного отключения [31,32].

### **7.3 Экологическая безопасность**

#### **7.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

Экологическая безопасность – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

На УК ТЭЦ действует 42 источника выброса загрязняющих веществ в атмосферу [33].

В технологическом процессе УК ТЭЦ используется сжигание топлива, в ходе которого образуются отходы. Сернистый ангидрид при воздействии с окружающей средой окисляется до  $\text{SO}_3$ , что приводит к образованию тумана, содержащего пары  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и вызывает хроническое поражение растений, снижение урожайности в сельском хозяйстве, уничтожение лесов.

При воздействии на человека сернистый ангидрид вызывает заболевание дыхательных путей. Оксид азота ( $\text{NO}$ ) при контакте с атмосферой окисляется до  $\text{NO}_2$ , который поглощает солнечный свет, образует коричневую дымку (один из главных компонентов фотохимических туманов – смогов), разрушает материалы, снижает урожайность в сельском хозяйстве, уничтожает леса. При воздействии на человека оксиды азота вызывают уменьшение содержания гемоглобина в крови.

Помимо отходов от сжигания топлива сильное негативное влияние на окружающую среду (в частности на загрязнение водных бассейнов) оказывают сточные воды: из систем гидрозолоудаления (ГЗУ), систем охлаждения; из водоподготовительных установок (ВПУ); после химпромывок оборудования. Эти воды содержат соединения фтора,

мышьяка, ванадия, минеральные соли, минеральные и органические кислоты и другие загрязнители которые, попадая в водоёмы, вредят их флоре и фауне; нарушают экологическую обстановку прибрежных районов; делают сложным, а порой и невозможным использование воды населением.

### **7.3.2 Мероприятия по защите окружающей среды**

Снижение выбросов оксидов азота на УК ТЭЦ достигнуто за счет внедрения технологических методов подавления их образования в топках котлов:

1. Подача угольной пыли высокой концентрации (ПВК) на котлах № 7 – 10. Наибольший эффект получен от внедрения системы ПВК на котлах среднего давления ЦКТИ 75–39Ф № 7 – 10 в расчете на сжигание казахстанских углей. Так по результатам инвентаризации источников выбросов 2020 года – (430–475) мг/нм<sup>3</sup>;

2. На котлах № 11,12,13,14,15 – реконструкция с заменой горелок и устройством нижнего дутья. Выбросы NO<sub>2</sub> при сжигании Майкубенского угля составляют (400–450) мг/нм<sup>3</sup>, при сжигании угля Кара Жыра – (50(0–5)30) мг/нм<sup>3</sup>.

1. На котле №15 выполнена реконструкция горелочных устройств с целью уменьшения шлакования зоны активного горения и снижения выбросов NO<sub>2</sub>, при сжигании непроектного семипалатинского угля, которые составили (800–1100) мг/нм<sup>3</sup>. Выполнена замена горелок, установлены 16 сопел верхнего дутья. Для уменьшения температуры факела сбросной сушильный агент подается в горелки. Применена схема двухступенчатого сжигания угля путем подачи части воздуха через сопла. Выполненная реконструкция позволила снизить концентрацию окислов азота до 530 мг/нм<sup>3</sup>.

Основными образующимися на станции отходами являются золошлаковые. В настоящее время загрязненный конденсат мазутного хозяйства проходит очистку на очистных сооружениях ТЭЦ и затем

используется на подпитку обратной системы гидрозолоудаления [33].

## **7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **7.4.1 Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований**

Чрезвычайная ситуация – это совокупность таких обстоятельств, которые сопровождаются разрушениями зданий, сооружений, материальных ценностей, поражения и гибелью людей.

К основным чрезвычайным ситуациям, возникающим на производстве, относятся производственные аварии.

Производственной аварией является всякое изменение в нормальной работе оборудования, которое создает угрозу бесперебойной работе по заданному графику котлоагрегата, турбоагрегата и электростанции в целом, создает опасность для обслуживающего персонала.

### **7.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и разработка порядка действия в случае возникновения чрезвычайных ситуаций**

Ликвидация всех аварий в турбинном цехе производится под руководством начальника смены или старшего машиниста.

При возникновении аварий, необходимо сообщить по станционной громкоговорящей связи на главный щит управления дежурному инженеру станции.

Оперативный персонал, непосредственно обслуживающий оборудование, при ликвидации аварийных нарушений должен оставаться на рабочих местах, принимая все меры к сохранению оборудования в работе.

Оперативный персонал, на оборудовании которого произошла авария, должен руководствоваться следующими указаниями о последовательности действий по их ликвидации:

- на основании внешних признаков и показаний приборов составить себе общее представление о том, что произошло;
- оперативный персонал должен контролировать работу автоматики, убедившись в ее неправильных действиях, переходить на ручное управление. В работу защит вмешиваться запрещается и, лишь при отказе действия защиты персонал должен выполнять ее функции;
- немедленно принять меры по устранению опасности для людей и оборудования, вплоть до отключения последнего, если такая опасность существует, в противном случае обеспечить нормальную работу основного оборудования, оставшегося в работе;
- выяснить характер и место повреждения принять меры к восстановлению нормальной работы оборудования;
- об изменениях в схеме, переключениях и других действиях при ликвидации аварии немедленно докладывать своему непосредственному руководителю.

Важнейшим условием правильной и быстрой ликвидации аварии в турбинном цехе является четкое взаимодействие оперативного персонала, сохранность персоналом спокойствия при изменении режима или возникновении неполадок, дисциплинированное и сознательное выполнение инструкции, указаний и распоряжений старшего персонала, недопущение суеты, растерянности вмешательства в работу посторонних лиц и нарушения единоначалия в смене.

Быстрая и точная информация является верным средством локализации аварии. В противном случае даже незначительное повреждение может явиться причиной нарушения работы всей станции.

Поэтому, оперативный персонал обязан четко и громко произносить наименование производимых операций и данные, характеризующие состояние оборудования [34].



## **7.5 Вывод по разделу**

Проанализировав условия труда на рабочем месте, можно сделать вывод, что они удовлетворяют необходимым нормам и в случае соблюдения правил техники безопасности и знания инструкций предприятия, эксплуатация технологического оборудования не приведет к ухудшению здоровья работника и возникновению аварийных ситуаций.

Помещение и рабочее место оператора АСУ ТП удовлетворяет всем нормативным требованиям. Кроме того, действие вредных и опасных факторов сведено к минимуму, т.е. микроклимат, освещение, шум и электробезопасность соответствуют требованиям, предъявленным в соответствующих нормативных документах.

Данный раздел хотелось бы закончить фразой: «Нет такой работы, которая бы стоила жизни и здоровья человека».

## **Заключение**

Целью выпускной квалификационной работы являлась модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом подогревателей высокого давления турбоагрегата Усть-Каменогорской ТЭЦ.

В ходе выполнения проекта было дано описание технологического процесса, разработаны структурная схема АС, функциональная схема технологического процесса, ФСА, схемы внешних проводок.

Был произведен сравнительный анализ КТС и выбраны первичные преобразователи, вторичные приборы, ПЛК и исполнительные механизмы.

Построена математическая модель в пакете Matlab Simulink, при помощи которой, был проанализирован процесс автоматического регулирования уровня конденсата в ПВД. Разработаны алгоритмы пуска/останова технологического оборудования и алгоритм сбора данных канала измерений.

Выполнено технико-экономическое обоснование проекта, рассмотрены вопросы безопасности труда и производственной санитарии.

Была выполнена разработка ЧМИ системы в среде LabVIEW 2013. Посредством SCADA–системы был реализован HMI интерфейс, при помощи которого оператор получил возможность контролировать и управлять АСУ ТП в дистанционном режиме.

Таким образом, в результате выполнения ВКР был обеспечен контроль, регистрация и автоматическое регулирование параметров технологического процесса системы управления ПВД.

### Список использованных источников

1. Тубянский Л.И. и Френкель Л.Д. «Паровые турбины высокого давления ленинградского металлического завода конструкция и обслуживание», второе издание, Москва, 1956г.
2. ИЭ 10.03–07.33 – Инструкция по эксплуатации «АСУ ТП турбоагрегата станционного №11»
3. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно–методическое пособие: Томский политехнический университет. – Томск, 2009.
4. Шрайбер Г. «300 схем источников питания. Выпрямители, импульсные источники питания, линейные стабилизаторы и преобразователи»: Пер. с франц. – Москва: ДМК, 2000. – 224 с.
5. ГОСТ 12.2.007.0–75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2, 3, 4).
6. ГОСТ 14254–96. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP), МЭК 529–89.
7. ГОСТ 21.408–2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с Поправками). [Электронный ресурс]. – Введ. 2014.11.01.– Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200108005> , свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 2020.05.03).
8. КАБЕЛИ, ПРОВОДА И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КАБЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ: ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК / Составление и редактирование: Кузнев В.Ю., Крехова О.В. – 3–е издание, дополненное и переработанное. – М.: Издательство «Нефть и газ», 2006, 360 с.

9. ГОСТ 6651–2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний.
10. Каталог преобразователей температуры Метран [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://www.emerson.com/documents/automation/каталог-датчики-температуры-metran-выпуск-2020-ru-ru-61696.pdf>, свободный (Дата обращения 2020.05.01).
11. Каталог преобразователей давления ЭЛЕМЕР [Электронный ресурс]: — Режим доступа: [https://www.elemer.ru/production/pressure/air\\_30m.php](https://www.elemer.ru/production/pressure/air_30m.php), свободный (Дата обращения 2020.05.01).
12. Каталог уровнемеров [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://www.k-avtomatika.ru/catalog/datchiki-urovnya/urovnemery-rosemount>, свободный (Дата обращения 2020.05.01).
13. Каталог расходомеров [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://www.emerson.com/documents/automation/технические-характеристики-вихревой-расходомер-rosemount-серии-8800d-ru-ru-73532.pdf>, свободный (Дата обращения 2020.05.01).
14. Регистраторы технологические КС–1Е, КС–2Е. Руководство по эксплуатации НКГЖ.411124.008РЭ
15. Каталог электропривода типа AUMA [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://www.auma.com/ru/produkcija/mnogooborotnye-privody/ehlektroprivody-sa-i-sar/>, свободный (Дата обращения 2020.05.01).
16. Каталог Moeller: Пуск и защита электродвигателей [Электронный ресурс]: — Режим доступа: [http://www.ep.ru/product/katalogs/Eaton/pusk/01\\_xStart\\_2010.pdf](http://www.ep.ru/product/katalogs/Eaton/pusk/01_xStart_2010.pdf), свободный (Дата обращения 2020.05.01).

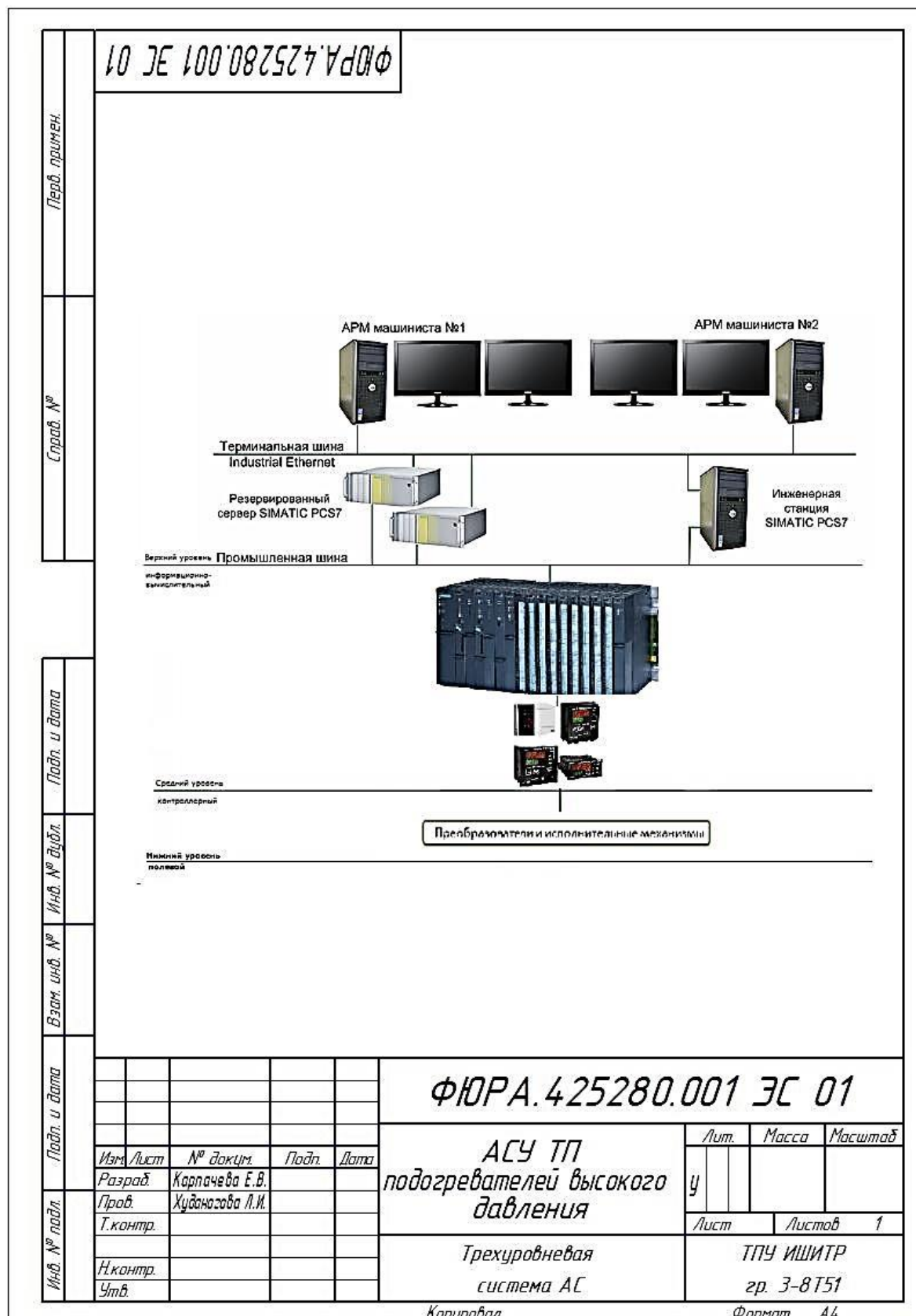
17. Каталог SIMATIC PCS7 400 [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [http://www.novec.ru/catalog/novosibirsk/catalog/siemens/s7\\_400.pdf](http://www.novec.ru/catalog/novosibirsk/catalog/siemens/s7_400.pdf) , свободный (Дата обращения 2020.05.01).
18. Бакуль Р.П, Горский Е.Р, Елисеев Ю.В. Инженерные методы определения настроек регуляторов в составе АСУ ТП. – Новосибирск: Труды ЗАО «Е4 – СибКОТЭС» – ОАО «Сибтехэнерго».
19. Новиков С. И. Практическая идентификация динамических характеристик объектов управления теплоэнергетического оборудования: учебное пособие. – Новосибирск: НГТУ, 2005г. – 23 с.
20. Евдокимов Ю. К., Линдваль В. Р., Щербаков Г. И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 400 с.
21. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» для всех специальностей/ сост. В.Ю. Конотопский; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 29 с.
22. Пашков Е.Н. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 24 с.
23. Трудовой кодекс Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года № 414-V (ред. от 2020.05.04).
24. ГОСТ 22269–76 Система «Человек–машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
25. ГОСТ 12.0.003–74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

26. ГОСТ 12.0.003–2015 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
27. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г. N 36).
28. СП 52.13330.2011, Естественное и искусственное освещение. [Электронный ресурс]. – Введ. 2011.05.20. – Режим доступа: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084092> , свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 2020.05.02).
29. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
30. СанПиН 2.2.4.548 – 96, Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [Электронный ресурс]. – Введ. 1996.10.01. – Режим доступа: URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294851/4294851474.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 2020.05.02).
31. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
32. ИП 01-10, Инструкция предприятия. Электробезопасность – Введ. 2018.03.26.
33. Официальный сайт ТОО «Усть-Каменогорская ТЭЦ» – Режим доступа: URL: <http://www.uktets.kz/ru/> (дата обращения 2020.05.13).
34. ИЧС 01.03–06.01, Инструкция по чрезвычайным ситуациям. Ликвидация аварий на станции – Введ. 2018.04.11.

# Приложение А

(обязательное)

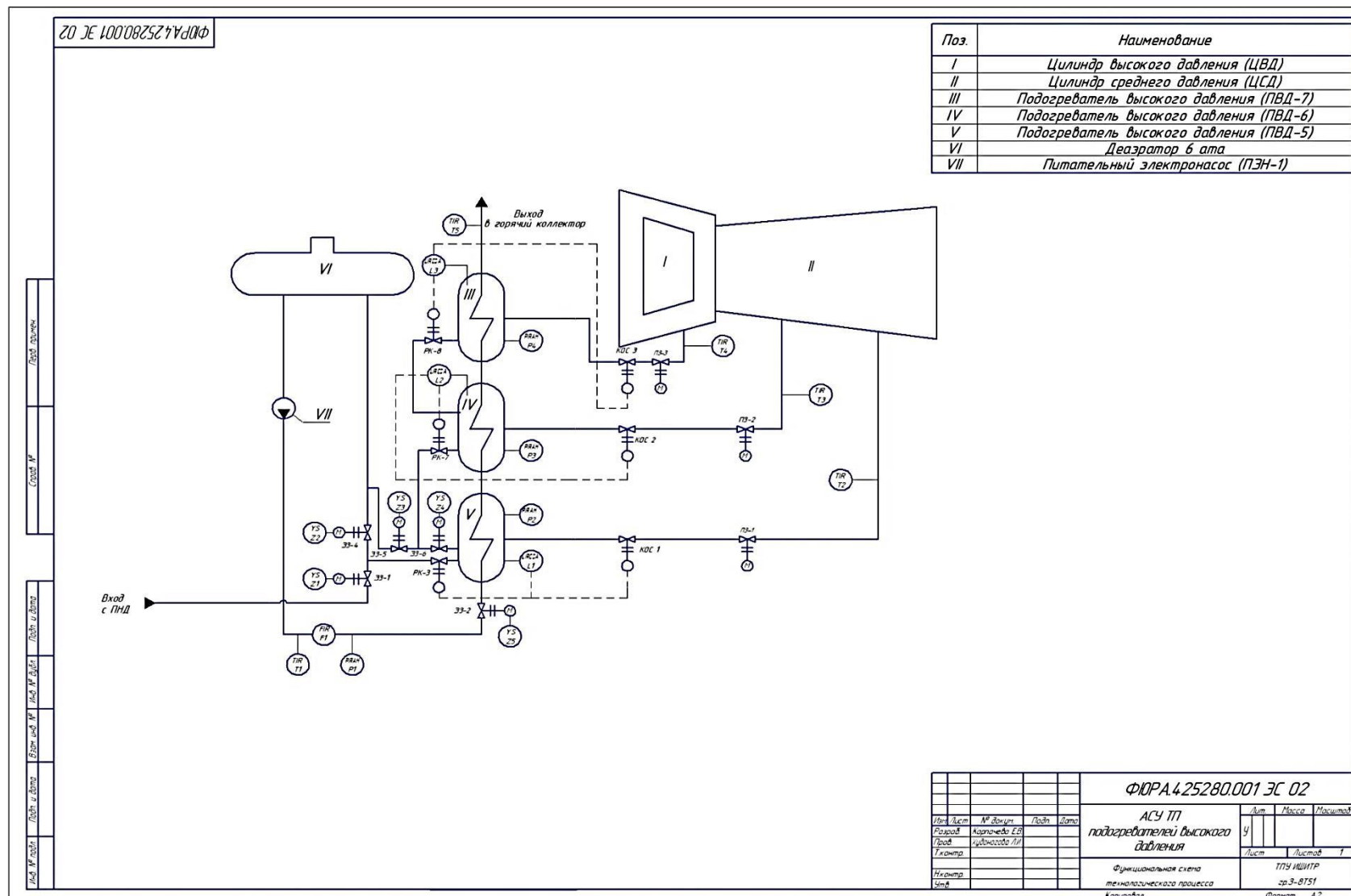
## Структурная схема автоматизированной системы



# Приложение Б

(обязательное)

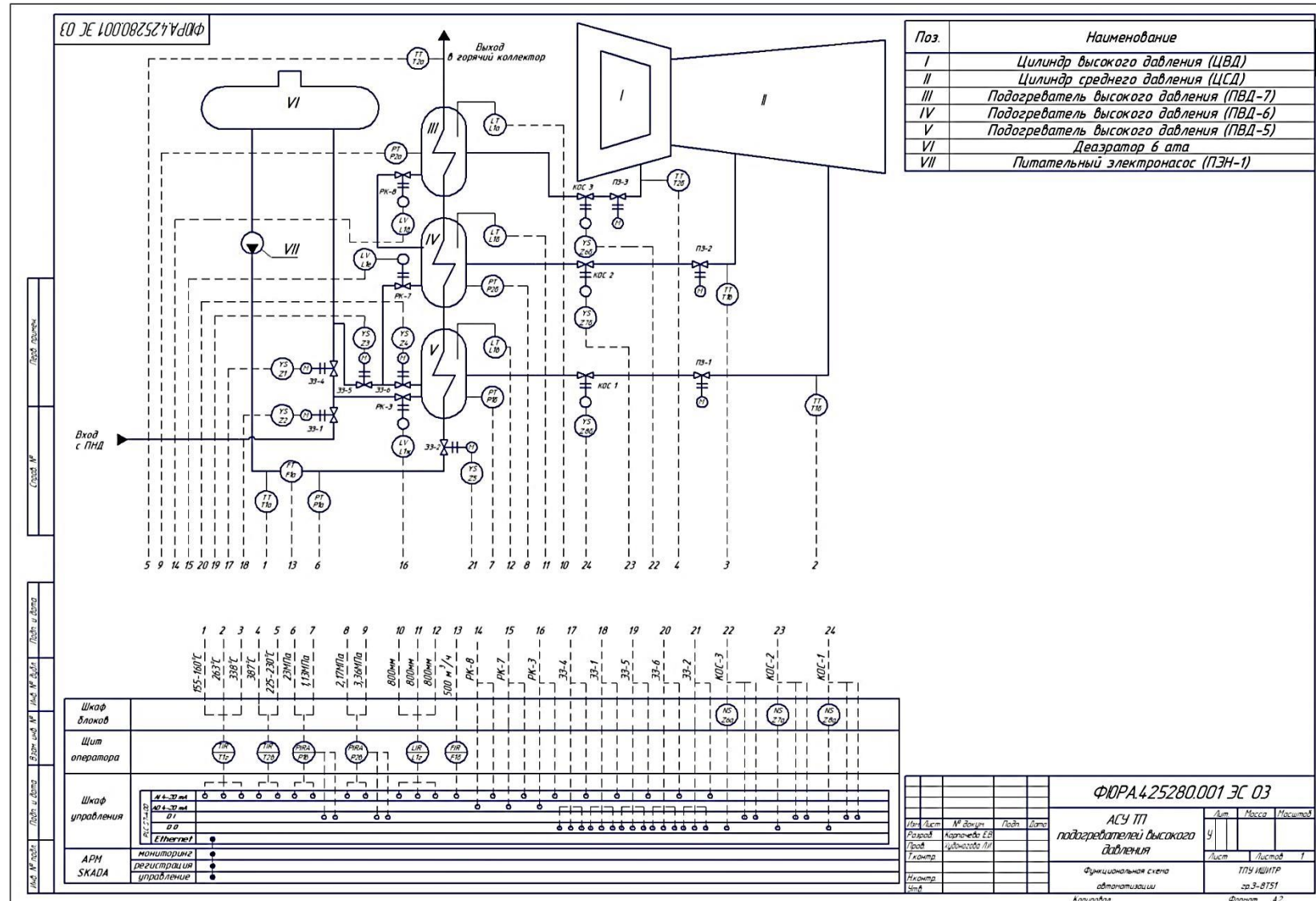
## Функциональная схема технологического процесса





(обязательное)

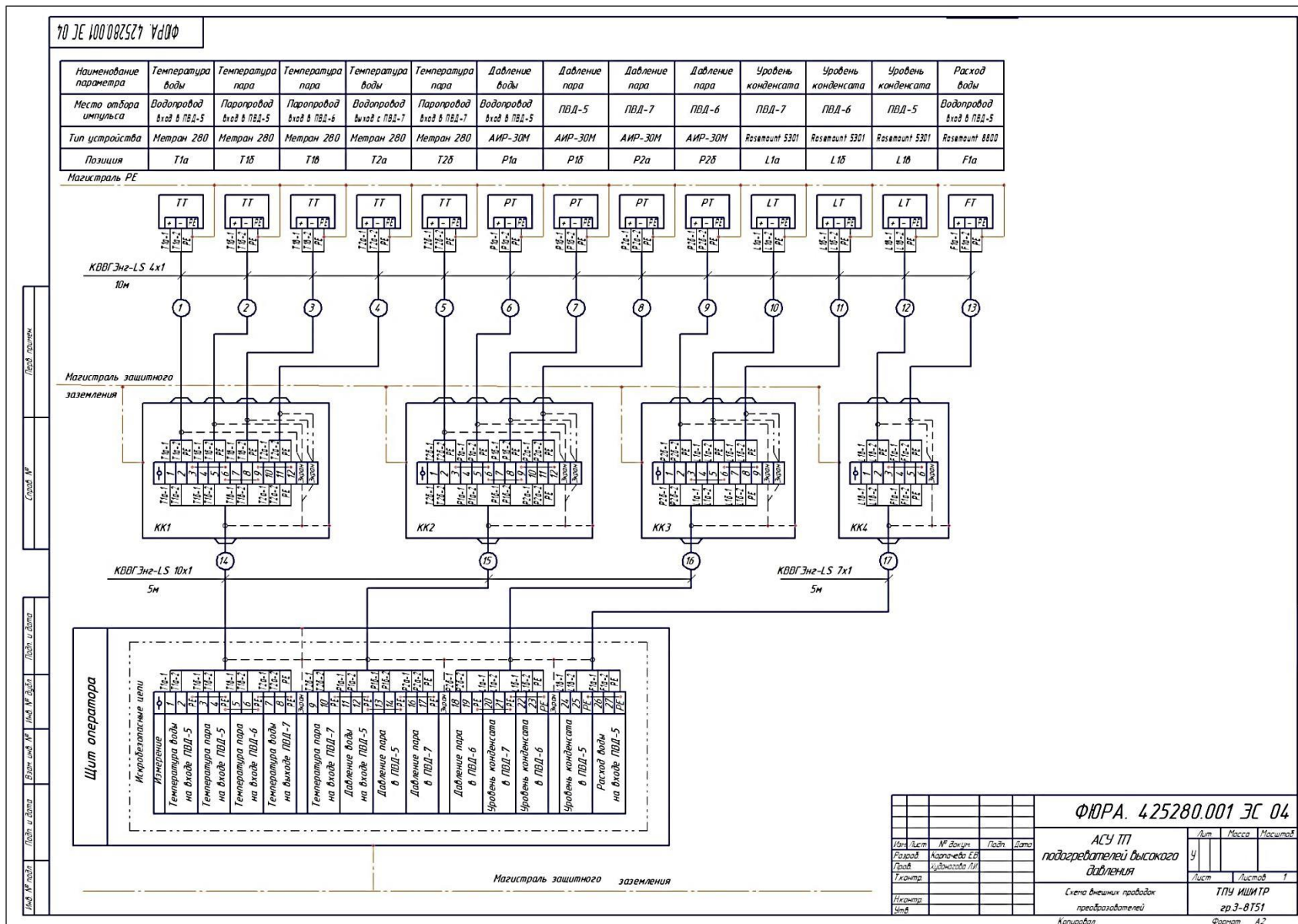
## Функциональная схема автоматизации



# Приложение Г

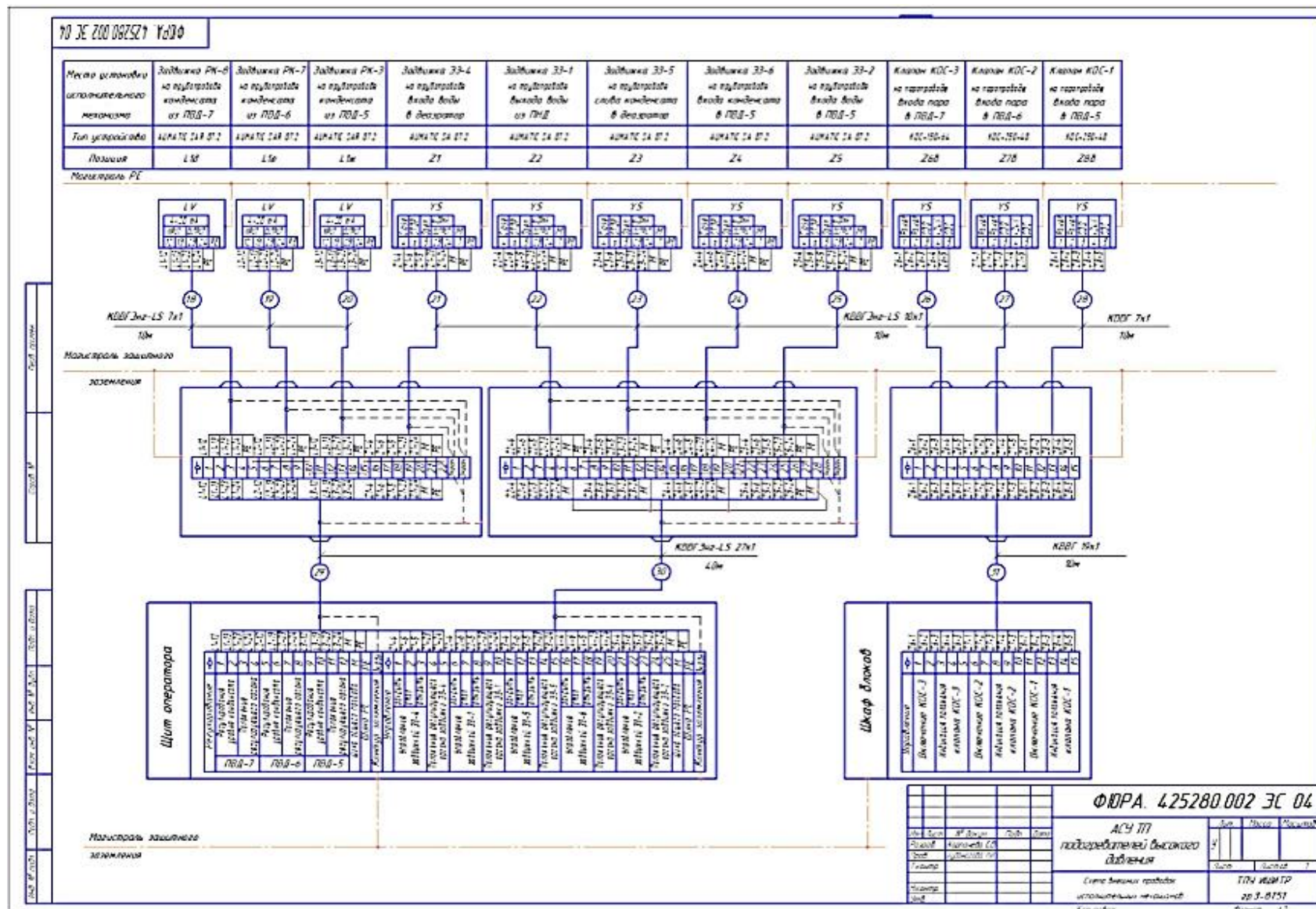
## (обязательное)

### Схема внешних проводок преобразователей



(обязательное)

## Схема внешних проводок исполнительных механизмов





# Приложение Е

(обязательное)

## Опросный лист для выбора датчика температуры Метран-280

Общая информация			
Предприятие *:		Дата заполнения:	
Контактное лицо *:		Тел. / факс *:	
Адрес *:		E-mail:	
Опросный лист №	Позиция по проекту (тэг):	Количество *:	
Параметры измеряемой и окружающей среды			
Измеряемая среда:		Фазовое состояние: <input type="checkbox"/> газ <input type="checkbox"/> жидкость	
Диапазон измеряемых температур, С*	Мин _____	Макс _____	
Давление измеряемой среды, МПа*			
Скорость потока измеряемой среды, м/с			
Диапазон окружающих температур, °С	Мин _____	Макс _____	
Датчик температуры			
<input type="checkbox"/> Rosemount (Emerson) *		<input type="checkbox"/> Метран *	
Первичный преобразователь (ПП), без защитной гильзы			
<input type="checkbox"/> Требуется *	<input type="checkbox"/> Не требуется *	<input type="checkbox"/> Требуется *	<input type="checkbox"/> Не требуется *
Тип чувствительного элемента (ЧЭ)		Тип чувствительного элемента (ЧЭ)	
<input type="checkbox"/> Термопара	<input type="checkbox"/> Термометр сопротивления	<input type="checkbox"/> Термопара	<input type="checkbox"/> Термометр сопротивления
Количество чувствительных элементов		Количество чувствительных элементов	
<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2	
Номинальная статическая характеристика (НСХ) *		Номинальная статическая характеристика (НСХ) *	
<input type="checkbox"/> К <input type="checkbox"/> N	<input type="checkbox"/> Pt100	<input type="checkbox"/> К <input type="checkbox"/> В <input type="checkbox"/> N	<input type="checkbox"/> 50М <input type="checkbox"/> 100М <input type="checkbox"/> 50П
<input type="checkbox"/> J _____ (другие НСХ)	_____ (другие НСХ)	<input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> S _____ (другие НСХ)	<input type="checkbox"/> 100П <input type="checkbox"/> Pt100 _____ (другие НСХ)
Рабочий спай		Рабочий спай	
<input type="checkbox"/> изолированный		<input type="checkbox"/> изолированный	
<input type="checkbox"/> неизолированный		<input type="checkbox"/> неизолированный	
Класс допуска		Класс допуска	
1	<input type="checkbox"/> А <input type="checkbox"/> В	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> А <input type="checkbox"/> В <input type="checkbox"/> С
Схема соединений		Схема соединений	
2-хпроводная	<input type="checkbox"/> 2-хпроводная	2-хпроводная	<input type="checkbox"/> 2-хпроводная
	<input type="checkbox"/> 3-хпроводная		<input type="checkbox"/> 3-хпроводная
	<input type="checkbox"/> 4-хпроводная		<input type="checkbox"/> 4-хпроводная
Диаметр оболочки ЧЭ		Диаметр защитной арматуры (без защитной гильзы)	
6мм		<input type="checkbox"/> 20мм <input type="checkbox"/> 10мм <input type="checkbox"/> 8мм <input type="checkbox"/> 6мм <input type="checkbox"/> 5мм <input type="checkbox"/> 3мм	
Глубина погружения (длина монтажной части)*		Глубина погружения (длина монтажной части)*	
_____ мм		_____ мм	
Материал оболочки кабеля		Материал защитной арматуры	
321 SST (НСХ J) Inconell 600 (НСХ K) Microbell B (НСХ N)	316/321 SST	<input type="checkbox"/> 12X18H10T <input type="checkbox"/> 10X17H13M2T <input type="checkbox"/> 15X25T <input type="checkbox"/> ХН78Т <input type="checkbox"/> 10X23H18 <input type="checkbox"/> Латунь <input type="checkbox"/> ХН45Ю _____ (другие мат-лы)	
Способ крепления первичного преобразователя		Способ крепления первичного преобразователя*	

<input type="checkbox"/> 1/2" NPT      _____ (другая резьба) <input type="checkbox"/> Без резьбы	<input type="checkbox"/> M20x1.5      _____ (другая резьба) <input type="checkbox"/> Без резьбы
	<input type="checkbox"/> Фланец _____ <input type="checkbox"/> Вварной
<b>Rosemount (Emerson)</b>	<b>Метран</b>
<b>Защитная гильза</b>	
<b>Требуется*:</b> <input type="checkbox"/> Трубчатая (max D=9..12мм)	<b>Требуется*:</b> <input type="checkbox"/> Сварная (до 25 МПа) <input type="checkbox"/> Цельноточеная (до 50 МПа)
<input type="checkbox"/> Литая коническая (max D=17..26,5мм) <input type="checkbox"/> Литая вварная	<input type="checkbox"/> Фланцевая (до 16 МПа) <input type="checkbox"/> Вварная (до 50 МПа)
<input type="checkbox"/> <b>Не требуется*</b>	<input type="checkbox"/> <b>Не требуется*</b>
Материал защитной гильзы _____	Материал защитной гильзы _____
<b>Способ установки на объекте*</b>	<b>Способ установки на объекте*</b>
<input type="checkbox"/> Резьба _____ <input type="checkbox"/> Фланец _____ <input type="checkbox"/> Вварной	<input type="checkbox"/> Резьба _____ <input type="checkbox"/> Фланец _____
<b>Соединительная головка</b>	
<input type="checkbox"/> <b>Требуется*</b> <input type="checkbox"/> <b>Не требуется*</b>	<input type="checkbox"/> <b>Требуется*</b> <input type="checkbox"/> <b>Не требуется*</b> (удлин. провода _____ мм)
Материал соединительной головки	Материал соединительной головки
<input type="checkbox"/> Алюминиевый сплав <input type="checkbox"/> Нержавеющая сталь	<input type="checkbox"/> Полиамид Технамид® <input type="checkbox"/> Пластик АБС <input type="checkbox"/> Алюминиевый сплав
Резьба кабельного ввода	Резьба кабельного ввода
<input type="checkbox"/> 1/2" NPT <input type="checkbox"/> M20x1.5	M20x1.5
Степень защиты от воздействия пыли и воды	Степень защиты от воздействия пыли и воды
<input type="checkbox"/> IP65 <input type="checkbox"/> IP68	<input type="checkbox"/> IP65 <input type="checkbox"/> IP5X
<b>Измерительный преобразователь</b>	
<b>Требуется для монтажа*:</b> <input type="checkbox"/> В соединительную головку ПП	<input type="checkbox"/> <b>Требуется*</b> (только встроенный в соединительную головку ПП)
<input type="checkbox"/> На DIN рейку <input type="checkbox"/> На кронштейн <input type="checkbox"/> <b>Не требуется*</b>	<input type="checkbox"/> <b>Не требуется*</b>
Входной сигнал	Входной сигнал
<input type="checkbox"/> К <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> Pt100 <input type="checkbox"/> J      _____ (другие HСХ)	Определяется типом выбранного первичного преобразователя
<b>Выходной сигнал*</b>	<b>Выходной сигнал*</b>
<input type="checkbox"/> (4–20) +HART <input type="checkbox"/> Foundation Fieldbus <input type="checkbox"/> HART Wireless	<input type="checkbox"/> (4–20) мА <input type="checkbox"/> (0–5)мА <input type="checkbox"/> (4–20) +HART
Наличие индикации	Местная индикация отсутствует
<input type="checkbox"/> Требуется <input type="checkbox"/> Не требуется	
<b>Взрывозащита</b>	
<b>Требуется*:</b> <input type="checkbox"/> Искробезопасная электрическая цепь Exia	<b>Требуется*:</b> <input type="checkbox"/> Искробезопасная электрическая цепь Exia
<input type="checkbox"/> Взрывонепроницаемая оболочка Exd (указать внешний диаметр кабеля _____ мм)	Взрывонепроницаемая оболочка Exd: <input type="checkbox"/> Кабельный ввод для бронированного кабеля – БК

## Опросный лист для выбора преобразователя давления ЭЛЕМЕР-АИР-30

№ заказа (заполняется на заводе-изготовителе)

### А.3. Зависимость выходного сигнала:

Возрастающая	
Убывающая	

Па	мм рт.ст.
кПа	мм вод.ст.
МПа	бар
кгс/см <sup>2</sup>	мбар
кгс/м <sup>2</sup>	атм

№	Вид измерений	Параметр	Значение параметра
1	Измерение давления	Нижний предел измерений	
		Верхний предел измерений	
2	Измерение расхода	Давление, соответствующее максимальному значению расхода	
		Максимальное значение расхода	
		Отсечка	
3	Измерение уровня	Давление, соответствующее минимальному значению уровня	
		Давление, соответствующее максимальному значению уровня	
		Минимальное значение уровня, соответствующее нулевому давлению	
		Максимальное значение уровня	

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Уставка 1		Уставка 2	
Гистерезис уставки 1		Гистерезис уставки 2	
Логика включения реле 1		Логика включения реле 2	
Задержка включения реле 1		Задержка включения реле 2	
Состояние реле 1 при ошибке		Состояние реле 2 при ошибке	

#### А.9. Сигнализация об ошибке:

Низким уровнем	
Высоким уровнем	
Выключена	

Пример: 12/05/08 (Указанная дата может быть датой выпуска преобразователя, датой ближайшей поверки или любой произвольной датой)

## Приложение 3 (обязательное)

### Опросный лист для выбора датчика уровня Rosemount 5301

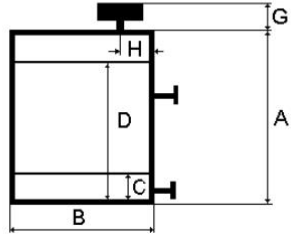
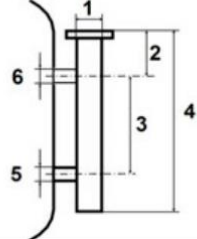
\* - поля для обязательного заполнения

Информация о заказчике			
Предприятие *:		Промышленность:	
Адрес:		Тел. / факс *:	e-mail:
Контактное лицо: *		Должность:	

Требуемое измерение *	Требования к уровнемеру
<input type="checkbox"/> Уровень <input type="checkbox"/> Раздел фаз <input type="checkbox"/> Объем <input type="checkbox"/> _____ (другое)	Погрешность: <input type="checkbox"/> Встроенный дисплей Тип взрывозащиты *: Выходной сигнал: Материал корпуса: Кабельный ввод:

Предпочтительный тип уровнемера			
<input type="checkbox"/> Бесконтактный радарный	<input type="checkbox"/> Волноводный радарный	<input type="checkbox"/> Ультразвуковой	Количество:
Позиция (Тэг):			

Информация о процессе				
Наименование процесса *:				
Измеряемая среда *:		Агрессивность среды:		
Диэлектрическая проницаемость:	<input type="checkbox"/> 1,6 - 2	<input type="checkbox"/> 2 - 3	<input type="checkbox"/> 3 - 10	<input type="checkbox"/> > 10
Температура процесса *:	Мин.	Норм.	Макс.	°C
Температура окружающей среды:	Мин.	Норм.	Макс.	°C
Давление процесса *:	Мин.	Норм.	Макс.	атм
Плотность среды:	кг/м³	Вязкость:	<input type="checkbox"/> сР <input type="checkbox"/> сСт <input type="checkbox"/> _____ при температуре:	°C
Турбулентность:		Причина турбулентности:		
Примерное колебание уровня из-за турбулентности:		мм		
Скорость изменения уровня при наливе:		мм/с	Скорость изменения уровня при сливе:	
		мм/с		
<b>Какие из следующих характеристик имеет измеряемая среда? (отметить все, что имеет место)</b>				
<input type="checkbox"/> Насыщена пузырьками газа (аэрирована)		<input type="checkbox"/> Может обволакивать смачиваемые детали		
<input type="checkbox"/> Многофазная жидкость (заполнить таблицу ниже)		<input type="checkbox"/> Пары могут обволакивать не смачиваемые поверхности		
<input type="checkbox"/> Возможна кристаллизация / <input type="checkbox"/> налипание		<input type="checkbox"/> Имеется твердый осадок		
<b>Объем над жидкостью имеет (отметьте все, что имеет место):</b>				
<input type="checkbox"/> Пары продукта <input type="checkbox"/> легкие / <input type="checkbox"/> тяжелые		<input type="checkbox"/> Подушку инертного газа		
<input type="checkbox"/> Пыль		<input type="checkbox"/> Конденсацию на поверхностях		
Пена:		Примерная толщина слоя: мм		
<b>Какие категории точнее всего описывают пену в данном случае?</b>				
<input type="checkbox"/> Легкая пена, большие пузыри, обилие воздуха (пример: пена от пробулькивания воздуха через среду).				
<input type="checkbox"/> Смесь плотной и легкой пены. Четкий раздел фаз с жидкостью (пример: пена в стакане пива).				
<input type="checkbox"/> Плотная пена, маленькие пузырьки. Четкий раздел фаз с жидкостью (пример: крем для бритья).				
<input type="checkbox"/> Плотная или легкая пена, но имеет слой эмульсии между пеной и жидкостью.				
Только многофазные применения *				
Верхний продукт *:		Нижний продукт *:		
Диэлектрическая проницаемость верхнего продукта: (точное значение!)		Диэлектрическая проницаемость нижнего продукта: (точное значение!)		
Толщина слоя верхнего продукта: от		мм / до	мм	

Тип установки/монтажа		
<input type="checkbox"/> на резервуар * <input type="checkbox"/> на камере * <input type="checkbox"/> в успокоительной трубе * <input type="checkbox"/> открытое пространство *		
Геометрические размеры успокоительной трубы указывать в разделе «Важное примечание»		
Возможные ограничения для монтажа уровнемера?		
<input type="checkbox"/> Нет ограничений <input type="checkbox"/> Монтаж только сверху <input type="checkbox"/> Монтаж только сбоку		
Геометрические размеры резервуара		
A. Высота резервуара:	мм	
B. Диаметр резервуара:	мм	
C. Минимальный уровень:	мм	
D. Максимальный уровень:	мм	
G. Высота верхнего отбора:	мм	
H. Расположение патрубка от стенки:	мм	
Материал резервуара: *		
Геометрические размеры выносной камеры		
1. ДУ выносной камеры / байпаса:	мм	
2. Расстояние от фланца до оси отвода:	мм	
3. Межосевое расстояние (диапазон измерений)	мм	
4. Высота камеры:	мм	
5. ДУ отвода:	мм	
6. ДУ отвода:	мм	
Материал камеры: *		

Технологическое соединение с процессом, верхний патрубок (G)			
Фланцевое присоединение		Резьбовое присоединение	
<b>Размер фланца *</b> <i>(стандарт EN(DIN), плоские).</i> <input type="checkbox"/> Ду 50 Ру <input type="checkbox"/> Ду 80 Ру <input type="checkbox"/> Ду 100 Ру <input type="checkbox"/> Ду 150 Ру <input type="checkbox"/> Ду 200 Ру	Другое: <input type="checkbox"/> * _____ Форма / исполнение: _____	<b>Тип и размер резьбы</b> <input type="checkbox"/> 1,5" NPT <input type="checkbox"/> 1" NPT <input type="checkbox"/> G 1 1/2" <input type="checkbox"/> G 1" Другое: <input type="checkbox"/> * _____	<input type="checkbox"/> Монтажный кронштейн для установки уровнемера над открытым резервуаром / открытым пространством
Ответный фланец: _____		Материал ответного фланца: _____	
Бобышка: _____		Материал бобышки: _____	
Шеф - надзор: _____ <i>(Если шеф-надзор необходим, поставьте соответствующую отметку Да/Нет)</i>			
<b>Важное примечание: *</b>			

Если Ваш технологический резервуар или емкость имеет сложную конструкцию, внутреннее оборудование или другие особенности, необходимо совместно с заполненным опросным листом направить эскиз или чертеж Вашего резервуара с указанием размеров, приведенных на чертеже Примера вверху. **Пожалуйста, отметьте предпочтительные места для установки уровнемеров, внутренние конструкции (расположение мешалок, лестниц, перегородок, термоэлементов, если таковые имеются), места ввода наливного и сливного трубопроводов и их внутренние диаметры.**



## Приложение И (обязательное)

### Опросный лист для выбора вихревого расходомера Rosemount 8800D

<b>Вихревой расходомер Rosemount 8800D Smart</b>		<b>Rosemount Inc.</b>	
<b>Лист конфигурационных данных (требуется предоставить с заказом)</b>		★ = по умолчанию	
<b>Информация о заказе:</b>			
Продано: _____ Номер заказа _____			
Заказчик: _____			
Номер модели: _____			
Тег преобразователя: _____ (максимум 21 символ)			
Программный тег: _____ (максимум 8 символов)			
<b>Информация о процессе:</b>			
Тип среды: <input type="checkbox"/> Жидкость* <input type="checkbox"/> Газ <input type="checkbox"/> Пар			
Описание среды: _____			
Расход: Мин: _____		Макс.: _____	
Единицы расхода: _____			
<b>Единицы объемного расхода:</b>			
<input type="checkbox"/> Ам. гал/с	<input type="checkbox"/> Ам. барр/с	<input type="checkbox"/> куб. см/день	<input type="checkbox"/> г/час
<input type="checkbox"/> Ам. гал/мин	<input type="checkbox"/> Ам. барр/мин	<input type="checkbox"/> Анг. гал/с	<input type="checkbox"/> тонн/с
<input type="checkbox"/> Ам. гал/час	<input type="checkbox"/> Ам. барр/час	<input type="checkbox"/> Анг. гал/мин	<input type="checkbox"/> тонн/мин
<input type="checkbox"/> Ам. гал/день	<input type="checkbox"/> Ам. барр/день	<input type="checkbox"/> Анг. гал/час	<input type="checkbox"/> тонн/ч
<input type="checkbox"/> Ам. гал/с-баз.	<input type="checkbox"/> Ам. барр/с-баз.	<input type="checkbox"/> Анг. гал/день	<input type="checkbox"/> тонн/день
<input type="checkbox"/> Ам. гал/мин-баз.	<input type="checkbox"/> Ам. барр/мин-баз.	<input type="checkbox"/> Анг. барр/час	<input type="checkbox"/> Мтонн/с
<input type="checkbox"/> Ам. гал/ч – баз.	<input type="checkbox"/> Ам. барр/ч – баз.	<input type="checkbox"/> Анг. барр/день	<input type="checkbox"/> Мтонн/мин
<input type="checkbox"/> Ам. гал/день-баз.	<input type="checkbox"/> Ам. барр/мин (пиво)	<input type="checkbox"/> MMACFD	<input type="checkbox"/> Мтонн/ч
<input type="checkbox"/> ACMD (м3/с)	<input type="checkbox"/> Ам. барр/час (пиво)	<input type="checkbox"/> MMACMD	<input type="checkbox"/> Мтонн/день
<input type="checkbox"/> ACMD (м3/мин)	<input type="checkbox"/> Ам. барр/день (пиво)	<input type="checkbox"/> Массовый расход:	<input type="checkbox"/> фунт/с
<input type="checkbox"/> ACMD (м3/час)	<input type="checkbox"/> литр/сек	<input type="checkbox"/> кг/сек	<input type="checkbox"/> фунт/мин
<input type="checkbox"/> ACMD (м3/день)	<input type="checkbox"/> л/мин	<input type="checkbox"/> кг/мин	<input type="checkbox"/> фунт/ч
<input type="checkbox"/> ACFS (фут3/с)	<input type="checkbox"/> л/час	<input type="checkbox"/> кг/час	<input type="checkbox"/> фунт/день
<input type="checkbox"/> ACFS (фут3/мин)	<input type="checkbox"/> л/день	<input type="checkbox"/> кг/день	<input type="checkbox"/> С л/мин
<input type="checkbox"/> ACFS (фут3/ч)	<input type="checkbox"/> куб. м/сек	<input type="checkbox"/> г/сек	<input type="checkbox"/> С л/час
<input type="checkbox"/> ACFS (фут3/день)	<input type="checkbox"/> куб. м/мин	<input type="checkbox"/> м/мин	<input type="checkbox"/> С л/день
<input type="checkbox"/> ACFS (фут3/день)	<input type="checkbox"/> куб. м/час	<input type="checkbox"/> м/мин	<input type="checkbox"/> С л/день
Рабочая температура: _____		Стандарт/ норм. ед. <input type="checkbox"/> NCMS <input type="checkbox"/> SCFS	
Рабочее давление: _____		<input type="checkbox"/> С л/мин	
Рабочая плотность: _____		<input type="checkbox"/> С л/час	
Вязкость: _____		<input type="checkbox"/> С л/день	
Давление пара: _____		<input type="checkbox"/> С л/мин	
Базовая температура: _____		<input type="checkbox"/> С л/сек	
Базовое давление: _____		<input type="checkbox"/> м/сек	
Базовая сжимаемость: _____		<input type="checkbox"/> спец. единицы	
Рабочая сжимаемость: _____		<input type="checkbox"/> Спец. единицы (предел 4 символа)	
Размер технологической линии: _____		Кэффициент преобразования: _____	
Сортамент согласующей трубы: <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 40* <input type="checkbox"/> 80 <input type="checkbox"/> 160 <input type="checkbox"/> Другое		Базовые единицы объема: _____	
Внутренний диаметр трубы: _____		Базовые единицы времени: _____	
<input type="checkbox"/> Дюймы* <input type="checkbox"/> Миллиметры		(1 базовая единица объема = значение преобразования, номер спец. единиц: 1 гал = 1/31 баррель)	
<b>Распределение переменных:</b>			
<b>Первичная переменная:</b> <input type="checkbox"/> мас. расход <input type="checkbox"/> объем. расход <input type="checkbox"/> расход по скорости (выбор по умолчанию основан на единицах измерения расхода)			
Вторичная переменная: <input type="checkbox"/> мас. расход <input type="checkbox"/> объем. расход <input type="checkbox"/> расход по скорости <input type="checkbox"/> темп. корпуса датчика <input type="checkbox"/> Нет*			
Третья переменная: <input type="checkbox"/> мас. расход <input type="checkbox"/> объем. расход <input type="checkbox"/> расход по скорости <input type="checkbox"/> темп. корпуса датчика <input type="checkbox"/> Нет*			
Четвертая переменная: <input type="checkbox"/> мас. расход <input type="checkbox"/> объем. расход <input type="checkbox"/> расход по скорости <input type="checkbox"/> темп. корпуса датчика <input type="checkbox"/> Нет*			
Демпфирование: _____ сек. (по умолч. 2 сек.)			
Демпфирование следует установить между 0,2 и 255 сек.			
<b>Конфигурирование переменных процесса:</b>			
НПД ВПД Ед. изм (выберите из списка выше)			
Массовый расход: _____			
Объемный расход: _____			
Скорость потока: _____			
На базе <input type="checkbox"/> внутр. диам. трубы <input type="checkbox"/> внутр. диам. корпуса			
<b>Датчик:</b>			
Выбирается аппаратурой: _____			
Вариант сигнала тревоги: <input type="checkbox"/> Высокий* <input type="checkbox"/> Низкий <input type="checkbox"/> Вкл. <input type="checkbox"/> Выкл.*			
Защита датчика: _____			
Дескриптор: _____ (максимум 16 символов)			
Сообщение: _____ (максимум 32 символа)			
Дата: _____ (по умолчанию дата калибровки (месяц/день/год))			
<b>Импульсный выход:</b>			
Импульсный выход основан на: <input type="checkbox"/> Объемный расход <input type="checkbox"/> Массовый расход <input type="checkbox"/> прямой снижение частоты*			
Масштабируемый: 1 импульс = _____ (например, 1 импульс = 10 гал)			
ИЛИ _____ Гц = _____ (например, 1000 Гц = 10 гал/мин)			
<b>Конфигурация ЖКИ:</b> Проверьте все позиции, которые должны отображаться на дисплее.			
<input type="checkbox"/> Объемный расход <input type="checkbox"/> Первичная переменная* <input type="checkbox"/> Сумматор <input type="checkbox"/> Темп. корпуса датчика			
<input type="checkbox"/> Массовый расход <input type="checkbox"/> % диапазона* <input type="checkbox"/> Сдвига частоты			
<input type="checkbox"/> Расход по скорости <input type="checkbox"/> Аналоговый выход <input type="checkbox"/> Импульсный частотный выход			
<b>Расширенные варианты конфигурации:</b>			
Тип сигнала при отсечке малого расхода <input type="checkbox"/> Демпфированный* <input type="checkbox"/> Шаговый			
<b>Варианты выхода HART</b>			
<input type="checkbox"/> Включен <input type="checkbox"/> Отключен*			
Пакетный режим <input type="checkbox"/> Включен <input type="checkbox"/> Отключен*			
Следующие варианты выхода специально используются для специальных конфигураций коммуникаций по протоколу HART			
Пакетный режим цифровых переменных HART (выберите один из вариантов): _____			
Прим.: требуется для переменных, выбираемых пользователем			
<input type="checkbox"/> Все динамические переменные, технические единицы			
<input type="checkbox"/> Все динамические переменные, технические единицы и значение ПП МА			
<input type="checkbox"/> Первичная переменная, % диапазона			
<input type="checkbox"/> Первичная переменная, технические единицы			
<input type="checkbox"/> Переменные пакетного режима, выбираемые пользователем			
Введите 4 переменных из списка на стр. 1			
Многоабонентская коммуникация: (этот вариант фиксирует аналоговый выход датчика на 4 мА)			
Выберите адрес датчика (1-15): _____			
Прим.: Адрес датчика по умолч. 1, если выбрана многоабонентская связь			



## Приложение Л

(обязательное)

### Человеко-машинный интерфейс в среде LabVIEW

